雙 月 刊

核能簡訊

NUCLEAR NEWSLETTER

NO. 177
2019 APRIL

德國的煤與核

福島事故8週年系列報導

瑞典高放選址現況報導

比以往殺死更多癌細胞 放射治療的新時代

比爾蓋茲：核能是因應氣候變遷的理想能源

日本因重啟核能 降低液化天然氣進口

核能簡訊 NUCLEAR NEWSLETTER
NO. 177
2019.04 雙月刊

編者的話

日本 311 大地震至今 8 周年，撤離人數從地震後的 47 萬人減少至 5 萬餘人，但災後重建的工作仍持續進行。Yahoo!Japan（日本雅虎）自 2014 年發起一日募捐活動，只要在 3 月 11 日當天使用「Yahoo!Japan 搜尋引擎」搜尋關鍵字「3.11」一次，Yahoo!Japan 就會捐出日幣 10 圓給災後復興團體，今 (2019) 年也如期進行，還創下 630 餘萬次的搜尋紀錄。災難過後，日本大力發展災難防治的措施，臺灣也借鏡日本，建立了「災防告警訊息服務」，期望在颱風、地震等災害「發生」或「有發生之虞」時，能立即傳送訊息至民眾手機，減少生命或財產的重大損失。

台灣人民對「非核家園」的憧憬，常以德國為學習榜樣。但人們容易只看到美好的一面，卻沒發覺背後所需付出的代價。在「德國的煤與核」一文中可見，在過去的 20 年裡，投資了超過 2,500 億歐元致力發展再生能源的德國，碳排放量並沒有比其他國家少，與依賴核能發電的法國相比，德國的碳排放量更是高出了 10 倍。《洛杉磯時報》報導，德國長期以來一直認為自己是回應氣候變遷的全球領導者，也和全球近 200 個國家在 2015 年達成了具有里程碑意義的《巴黎氣候協議》，但德國近年來卻因為在減少二氧化碳排放量的努力不夠而飽受批評。

至於「德國究竟為何反核」有個相當有趣的探討，發現德國人的民族天性較為悲觀，但他們喜歡倫理；當他們相信做的事情合於倫理的時候，會感到幸福。而德國人的倫理與大自然常會產生直接的聯繫，他們認為核能與美麗的大自然處於完全相反的方向。因此，德國人重視再生能源與環保的熱切程度高於其他民族。這也就可以解釋德國人即使增加成本也要使用再生能源電力的堅持了。

全球暖化已是不變的事實，我們應在深入考慮利弊得失之後採取最合宜的政策。台灣沒有像德國周圍有其他國家電網相連的電力支持，也沒有自產能源的天然礦藏，甚至，我們該自問，是否有如德國可大力發展再生能源的空間和經濟實力？

目 錄

出版單位：財團法人核能資訊中心
地　　址：新竹市光復路二段一〇一號
電　　話：（03）571-1808
傳　　真：（03）572-5461
網　　址：http://www.nicenter.org.tw
電子郵件：nicenter@nicenter.org.tw
發 行 人：朱鐵吉
編輯委員：李四海、汪曉康、陳條宗、郭瓊文、劉仁賢、謝牧謙（依筆畫順序）

主　　編：朱鐵吉
文　　編：鍾玉娟、翁明琪、林庭安
執　　編：長榮國際　文化事業本部
設計排版：長榮國際　文化事業本部
地　　址：台北市民生東路二段 166 號 6 樓
電　　話：02-2500-1175
製版印刷：長榮國際股份有限公司　印刷廠
行政院原子能委員會敬贈　廣告
台灣電力公司核能後端營運處敬贈　廣告

福島事故 8 週年

日本可以重啓核電 卻不敢或忘 311 東北震災

文 編輯室



在今 (2019) 年 3 月 11 日到來前，日本雅虎 (Yahoo! Japan) 在網站發布了這樣一則公告：「在 3 月 11 日這一天，只要使用日本 Yahoo 搜尋『3.11』一次，日本 Yahoo 就會捐出 10 円支持日本受災地區的重建活動。」當天，「3.11」的搜尋量達到創紀錄的 6,330,031 次。去年捐款的結果是 41,875,110 円，雅虎依照去年的結果將今年的捐款金額提高至 5,000 萬日円，分別捐贈給 6 個團體。這項募捐活動自 2014 年起每年實施。

「福島的重建正在逐步進行，但有些人仍然需要幫助，請用您的捐款支持我們。」

「藉由競標慈善義賣的品項，或者購買受災影響區域的產品， 以支持受影響的地區。」

「您想知道什麼？例如地震的恢復以及

如何支持救災等，我們都會告訴您。」該網站所公布的內容大多是針對 311 東北大震災的重建現況、需要救助的項目、需加強的防災觀念等。

2011 年 3 月 11 日 14:46 東日本地區發生了強震，最大震度 7，規模 9.0。在東日本大地震中，有 18,432 人死亡，其中包括直接死亡和失踪者，但如果他們能從海嘯中及時避難，相信許多人都能獲救。撤離人數從地震後的 470,000 人減少到目前的 54,000 人。

大地震之後，百廢待舉，即使經過了 8 年，東北地區工商農漁各行業的復原之路尚不明顯，聲譽仍然遭受謠言的損害。全日本 95% 的啤酒花是種植在東北地區，福島縣更是日本第一名清酒的出產地，也是白葡萄酒產區，但都因謠言災害而大受打擊，銷售量始終無法回到過去的水平。

2010 年地震前東北地區的漁獲量為 25,914 噸，福島核子事故發生後，捕撈行動因漁民的自我約束暫停一年多，而於 2012 年 6 月開始逐漸恢復作業。雖然每年漁獲量都有增加，但始終沒有回復到地震前的榮景，2018 年的漁貨量僅有 4,010 噸 (初估數字)，漁獲量約為地震前的 15%，儘管這裡有一個良好的漁場，是冷熱洋流交會之處。

根據該網站資料顯示，福島縣漁產品經過放射性物質檢查都沒有超標的情形，儘管安全得到保障，但 2018 年 3 月，由於泰國曼谷當地公民團體的反對，福島比目魚的推廣活動還是被迫取消。福島縣漁民拼命地試圖重建並擴大出口泰國的銷售管道，但要克服聲譽損害並不容易。

在東日本大地震之後，日本陸續出現熊本地震、大阪地震、北海道地震和嚴重的土石流，都造很大的傷害。每當發生災難時，不僅會出現新問題，還會出現重複的問題，因此每次災難都能成為學習和創造未來安全生活的契機。日本雅虎網站設有「全國統一防災測試」，希望提供各種防災知識，以便在發生災難時為所有人提供保護。該網站發出這樣的呼籲：「請再次確保是否可以挽救自己和親人的生命。」

至於福島核子事故善後的情形，國際原子能總署 (IAEA) 表示，受損的福島第一核電廠已從緊急情況轉為穩定狀態，雖然除役作業有了很大進展，但日本政府必須為未來的挑戰做好準備，例如用過核燃料與燃料碎片的清除，並在確保工作人員和民眾安全的同時逐步進行除役，這仍然是一項非常具有挑戰性的任務，需要資源，承諾和創新來應對這獨特的局面。

參考資料：
1. https://fukko.yahoo.co.jp/graph/
2. http://www.world-nuclear-news.org/Articles/IAEA-reports-on-progress-at-Fukushima-Daiichi



(本文圖片皆來自日本雅虎網站)

福島事故 8 週年

東京電力公司首次接觸 福島 2 號機燃料殘骸

文 編輯室

日本東京電力公司（TEPCO）最近公開了福島第一核電廠 2 號機爐心底部燃料殘骸的照片，並表示未來可順利將底部的燃料殘骸移出反應爐。

東電於 2017 年初在使用遙控偵測器調查反應爐一次圍阻體容器（PCV）正下方區域時，就已拍攝到疑似熔毀核燃料的沉積物。一個月後，東電將日本東芝公司（Toshiba）與國際核子除役研究所（IRID）聯合研發的「蠍型」遙控機械裝置送入 2 號機一次圍阻體容器再次進行探查。雖然該裝置當時無法直接到達一次圍阻體容器的正下方，東電仍表示蒐集到的訊息將對未來如何訂定該部機組的除役計畫，帶來實質的幫助。2018 年初東電再次使用機械裝置對一次圍阻體內部進行調查，確定了底部的沉積物以及燃料組件。

而最近東電使用遠端操控一個前端帶有攝像頭與鉗子狀設備的裝置，進行一次圍阻體內部一共 6 個定點的燃料殘骸探查，殘骸大部分都為類似鵝卵石的形狀，這次也是東電首次接觸到圍阻體底部的沉積物。遙控裝置用前方的鉗子成功移動、拾起其中 5 處的碎石狀殘骸，但這次並沒有任何的殘骸自反應爐內被取出。

東電表示，隨著更進一步的接近沉積物而獲得所需的圖像、劑量與溫度數據，將有助於東電決定如何在除役期間研發相關的設備，來移除反應爐內的燃料殘骸。東電也預計將在 2021 年開始燃料碎片移除的工程。

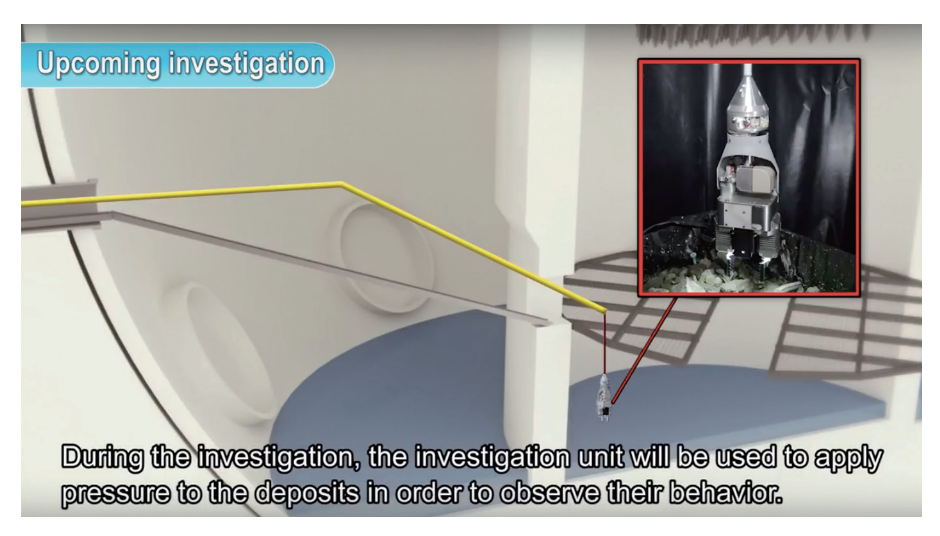
東京電力公司福島第一核電廠事故後第 8 年（2018-2019）年度回顧：

2018/03

啟用「福島第一核電廠線上虛擬遊覽（Inside Fukushima Daiichi）」網站，共有 10 條路線可以看到現場除役的最新狀況。(英文網站網址：http://www.tepco.co.jp/en/insidefukushimadaiichi/index-e.html)

2018/04

啟用小型自動駕駛電動公車，協助運輸。



東京電力公司利用遙控裝置來探測福島第一核電廠 2 號機內部燃料碎片 (圖片來源 : 東京電力公司)

2018/05

可穿著一般工作服的面積已達到整座核電廠的 96%。

2018/08

啟用「污水處理入門」網站（Treated Water Portal Site）。東電長期被社會質疑未清楚解釋廠內處理過的污水情況，該網站使用簡單、清楚的方式解釋儲存在廠內污水槽中的數量，以及是否已經完成除污作業。(英文網站網址：http://www.tepco.co.jp/en/decommission/progress/watertreatment/index-e.html)

2018/11

含有更高濃度放射性物質的污水轉移至更可靠的焊接式污水儲存槽，以降低污水外漏的風險。

3 號機用過核燃料取出工程因設備發生故障再次延期。

東京電力除役資料中心（TEPCO Decommissioning Archive Center）於福島縣富岡町開幕，旨在傳達福島事故的真相與事實，公開福島第一核電廠除役最新的情況，同時也保留事故的相關紀錄與教訓（免入場費）。

2019/02

福島 2 號機反應爐頂部建築調查工作結束，所獲得的資訊將有助於建築物頂部的拆除作業。

首次接觸到 2 號機一次圍阻體容器內部沉積物，所獲得的資訊將有助於未來更深入的調查與除役作業。

資料來源 :
1. World Nuclear News. “Tepco makes contact with melted fuel in unit 2.” February 2019.
2. TEPCO. “2019.3.7. Fukushima Daiichi Nuclear Power Station -The year in Review- (March 2018 – February 2019).” March 2019.


位於德國的 Grohnde 核電站：左側是兩座冷卻塔，右側是反應爐建築和排氣煙囪。（圖片來源：維基百科）

德國究竟為何反核

文 劉振乾

2011 年福島事故發生時，德國立即做了一個歷史性的重大決定，即於 2022 年關閉所有的核電廠，完全停止使用核能發電。然而事故發生至今 8 年，即使早在 2015 年 8 月 11 日日本政府宣布重新啟動川內核電廠 1 號機，結束「零核狀態」，至今又陸續重啟 9 座核電機組，德國仍然孤芳自賞堅守反核陣營。關於德國為何反核，很多人都不明究理，筆者整理 3 位日本「德國通」的看法，試圖加以剖析說明。

第一位是旅居德國 20 多年，且深入研究能源的前日本 NHK 記者熊谷徹，在其著書《為何梅克爾變節》中對此問題提出心理背景的探討。熊谷徹在旅居德國期間，曾多次訪問義大利、西班牙、希臘等國家。有一個體會—南歐人比較樂天派，而德國人則悲觀的居多。

專攻經濟統計學的杜爾特蒙特大學克雷馬教授提供了可支持上述說法的證據，他

將 2000 年到 2011 年間，調查德國、法國、義大利、英國、俄羅斯等國共 12 家大報，與健康不安相關的 4 類單字所使用的次數。這 4 類單字是石棉、狂牛症、戴奧辛、豬流感。

德國各大報就包辦了前兩名與第 4 名，居冠的「南德國新聞」算是相當有格調的報紙而非所謂的「八卦報紙」，計有 4,221 次，至於第 4 名的法蘭克福阿爾克麥尼報 (簡稱 FAZ 報)，是頂頂有名的高格調報紙，被稱為中央政界與官廳以及大企業經營階層必讀的報紙，具有很大的影響力，把讀者鎖定為社會的領導階層與知識份子，出現了 2,856 次，比第 5 名的英國衛報 2,274 次多出不少。

《德國風險－夢想的政治引起的混亂》一書的作者為三好範英，現任日本讀賣新聞的編輯委員，曾於 1997-2001 年、2006-2008 年、2009-2013 年這 3 段時間擔任柏林特派員，其間拜訪不少德國各界領袖。2015 年 9 月 20 日發行本書的第一刷，內容能夠忠實反映德國的現況。

福島事故發生時，德國媒體最常提到的是「德國的不安 (German Angst)」概念，在有關德國人民對福島事故的反應的報導中經常出現。Angst 一詞本為德文，如今也成為英文。

福島事故後約兩星期的 3 月 29 日，三好範英專訪湯瑪斯 ‧ 施密特。施密特針對德國人會如此反應的原因表示：「德國人的內心深處，經常隱藏著似乎會發生驚天動地大事的『德國的不安』。」根據施密特所說，德國人會對核電事故訴諸情感，並非來自車諾比事故的經驗。

「輻射雲遍及全歐洲，對於法國也帶來災害，然而當時陷入恐慌的只有德國人，車諾比只不過把以前就有的東西加以活性化而已。德國人從 1945 年 (二次大戰結束) 以後，有些沉著冷靜下來，而那一股蠢蠢欲動的情緒力量所能發揮的去處只有『反核』。『德國的不安』與德國的歷史大有關聯，德國人從宗教改革以來，歷經 30 年戰爭等嚴苛的宗教對立，不知道什麼時候會喪失所有的財物，生命經常曝露於戰爭的威脅，如今可把這恐懼理由的矛頭指向核電。如果沒有核電，那不安的對象會轉移到別的東西，也許是電腦也說不定。」

施密特生於 1945 年，年輕時與綠黨的前外交部長費雪等人參與左派活動，其後轉而採取保守立場，是經常上電視的名嘴，同時也擔任保守派報紙「維魯特報」的發行人。

第二次世界大戰時，德國的大都市被空襲與地面戰爭徹底的破壞，死傷者甚多。數百萬居住於波蘭的錫雷及亞 (Silesia) 以及捷克斯洛伐克地區的德國人被波蘭人與捷克人趕走，失去不動產與一切財產。而戰後的 1947 年冬天，氣候酷寒，僅在魯爾地區就有兩萬人因飢寒交迫而死亡。出生於 1928 年到 1945 年戰前與戰中的德國人，這種刻骨銘心的不安感尤其顯著。他們潛在的不安，也傳襲給了下一代。

第三位是川口 Mahn 惠美，德國媳婦，居住於斯圖加特 (Stuttgart) 長達 30 年。所著《德國廢核正本清源－日本不能跟進的理由》於 2015 年 4 月出版首刷。

作者形容德國人對於核能發電的恐懼由來。德國人很容易出現極端恐懼，他們害怕什麼呢？看不到但是似乎有害的東西，比如微波爐的電磁波、手機的電波、抗生物質、戴奧辛、門戶緊閉的室內空氣等。德國人在非常冷的季節裡也要常常開窗換空氣，如今在他們的廚房裡微波爐還不算是標準配備。

德國人喜歡倫理。當他們相信做的事情合於倫理的時候，就感到幸福。而想像為了倫理也許要被迫過著清貧的生活時，那感動會更加高亢。如果有「風蕭蕭兮易水寒」的感受，那就更超然了。

德國人的倫理與大自然志向產生了直接的聯繫。早在第一次世界大戰前就有生態運動，淵源甚久。Wandervogal 是 1901 年由德國青少年發起的集體徒步旅行運動，屬於德國的自然回歸運動之一。他們愛森林，愛狗，愛大地。虛無的夢想遠離物質文明，與自然合為一體，這大自然志向也與潛藏在心中的浪漫主義相得益彰。

對於倫理的希求，自然的憧憬，浪漫主義的精神構造，再加上根深蒂固的恐懼心理，另一方面則是現實又清晰的頭腦，德國人真是有夠複雜。有時候這些因素會互相激盪，產生不和諧的聲音。當不和諧升高到某一個程度，就會引發恐慌。

當 2011 年 3 月 11 日福島事故發生後，觸動了德國人的恐慌。距離日本福島核電廠 9,000 公里遠的德國，輻射偵測器成為搶手貨，有不少人真的擔心由福島產生的輻射會危害到住在德國的他們。

德國人會討厭輻射不是出於偶然，他們認為核能沒有倫理。核能與美麗的大自然處於完全相反的方向，是惡魔的產物，更可惡的是，這是人類製造出來的、眼睛看不到的災厄。

由於德國是聯邦制國家，人口分散，只要在車程 30 分鐘處，就可在大自然中找到散步的好去處。慕尼黑市平均每一位居民可使用的綠地面積為東京的 10 倍，因此，德國人重視再生能源與環保程度之熱切異於其他民族，或許很多人民對於「即使增加成本也想要使用再生能源的電力」這種想法的人生哲學即根基於此，堅持反核也就同理可證了。

（本文作者為台電公司退休工程師）



德國伊薩爾核電廠。（圖片來源：維基百科）


位於德國多特蒙德的 Datteln 煤電廠。(圖片來源 : 維基百科)

德國的煤與核

文 **編輯室**

研究顯示，德國的再生能源在 2018 年首次超過燃煤成為主要能源，占發電量的 40% 以上。此一轉變是德國能源轉型的里程碑，因為身為歐洲最大經濟體的德國，目標是到 2030 年時再生能源提供總能源的 65%。德國除了將在 2022 年之前廢除核電，最近也制定於 2038 年淘汰燃煤發電的長期計畫。

然而，綠色電力懷疑論者表示，這些數字只反映在天氣好的時候，並不能證明再生能源對於確保能源供應有所貢獻。

2018 年綠電首度超越煤電

弗朗霍佛應用科學組織 (Fraunhofer Organization of Applied Science) 的研究表明，2018 年德國的太陽能、風能、生





德國北部的光電場。



位於德國 Neuenkirchen 的風電場。(圖片來源 : 維基百科)

質能和水力發電的發電量增加了 4.3%，共產生 2,190 億度的電力。在全國總發電量 5,420 億度中，燃煤占 38%，40% 的綠能發電量首度超過燃煤。

綠色能源在德國電力生產中的占比從 2010 年的 19.1% 上升到 2017 年的 38.2%。弗朗霍佛研究的作者伯格 (Bruno Burger) 表示，2019 年綠能的占比將保持在 40%以上，「我們正在建造更多的再生能源設施，而且德國的天氣模式不會出現太大的變化。」

2018 年德國的太陽能發電總裝置容量增加了 3.2 百萬瓩 (GW) 達到 45.5 百萬瓩，發電量達到 457 億度，占總發電量 8.4%。海上和陸域風力發電的裝置容量為 60 百萬瓩，發電量為 1,100 億度，占德國總發電量的 20.4%。其他發電能源中，以國外進口硬煤為燃料的燃煤電廠貢獻了 757 億度，占總發電量的 13.9%；使用國內褐煤為主燃料貢獻的發電量占 24.1%；核能仍占 13.3%。水力發電量為 170 億度，僅占總發電量的 3.2%，這是因為夏季晴天多雨天少，雨量降低使河流乾涸。生質能產量貢獻了 8.3%；天然氣發電占總量的 7.4%；其餘來自石油和廢棄物燃燒約占 1%。德國於 2018 年淨出口 456 億度電力，主要出口到荷蘭，同期則從法國大量進口電力。

馬克宏提醒：歐洲必須優先考慮減排

對於經常必須支援德國電力的法國，總統馬克宏於 2018 年 4 月 17 日與歐洲議會強調，歐盟必須確保對能源與氣候的主權。他警告說，減少碳排放必須是歐洲的優先選項，若以燃煤取代淘汰的核電廠將無法實現此一目標。

法國目前從核能獲得約 75％的能源，但法國政府在 2015 年制定了一項能源轉型法，目標是 2025 年時將能源組合中核電的占比降到 50％。在演講之後的辯論中馬克宏向議會表示，法國削減核電比例的速度必須與該國保留能源主權的速度相同。

「核電不排放二氧化碳」，他承認，「如果關閉核電廠導致燃煤電廠的重新啟用—很不幸的是德國就是這種情況，將打破二氧化碳的平衡，這與巴黎氣候協議完全相反。如果再加速步伐，將導致對某些非歐洲主權國家的依賴度增加，尤其是俄羅斯，進口能源並不是一個好的決定。因此，我可以假設有一項能源戰略，其首要任務就是：減少碳排放。」

處於十字路口的能源政策

歐洲核子貿易組織 Foratom 總幹事德巴澤爾 (Yves Desbazeille) 在世界燃料循環會議 (WNFC) 中表示，目前核能提供歐盟 27％的發電量和 50％的低碳電力，但歐洲核能部門面臨了多項挑戰。

德巴澤爾表示，德國能源轉型—到 2022 年關閉所有核電廠並以再生能源替代的政策，完全忽略了核能減碳這一點。

德巴澤爾說，核能為環境可持續性、競爭力和安全的供應所有歐洲能源聯盟的關鍵能源等目標做出了貢獻。歐盟目前進口能源占 54％，每天的外部能源費用為 10 億歐元。6 個成員國依靠俄羅斯供應所有



法國核電廠分布地圖。(圖片來源：維基百科)

的天然氣，而俄羅斯和挪威則負責全歐盟天然氣供應的 50% 和石油的 40%。另一方面，進口到歐盟的鈾成本每年為 20 億歐元，供應商則來自世界各地，核電成本不易受鈾價格波動的影響。鈾的庫存總量足以為歐盟所有的反應爐提供大約 3 年的燃料。

德巴澤爾說：「歐盟現在處於十字路口，必須作出長期決定。是否只依靠再生能源解決問題並承擔停電的風險，還是發揮智慧，讓再生能源和核能各自發揮作用？」

德國的能源轉型被公認為是「無核化脫碳」概念的實踐，但研究發現，在決定實施此一政策後，耗費 7 年 250 億歐元唯一達到的目標，只是增加了德國再生能源的比例，然而，德國卻將電網的穩定性建立在歐盟其他鄰國的應變能力上。

寄望 2038 年停止燒煤

德國聯邦經濟事務與能源部部長阿特梅爾 (Peter Altmaier) 表示，為了因應 2021 及 2022 年關閉核電廠所產生的電力缺口，到 2030 年德國仍需保留一半燃煤的發電容量。

阿特梅爾部長更在柏林舉辦的能源會議上表明：「沒有一個國家能夠同時停止使用燃煤發電與核能發電」，阿特梅爾補充說：「停用核能發電及逐步淘汰燃煤發電



德國位於萊內河邊的 Werdohl-Elverlingsen 火力發電廠。（圖片來源：維基百科）

兩者的時程，不應該彼此壓迫。」他並提及「這就是為什麼德國需要花更長時間討論規劃的原因」。

事實上，由德國政府任命的煤炭委員會 (Coal commission) 近期完成了逐步淘汰燃煤電廠的建議，即使目前燃煤電廠提供了德國 1/3 以上的電力來源。

煤炭委員會在 2019 年 1 月 26 日達成共識，決定 2038 年起停止使用燃煤發電。德國在 2011 年做了一個歷史性的重大決定，即於 2022 年完全停止使用核能發電，而近日所達成逐步淘汰燃煤發電的目標，除了同樣具有里程碑的意義外，亦將使德國未來的電力組合完全由天然氣及再生能源組成，儘管目前這些能源僅占發電來源的一半。

普式能源資訊公司(S&P Global Platts) 的報告指出，到 2022 年，約有 7 百萬瓩的燃煤電廠將面臨關閉，而德國煤炭委員會建議於 2022 年燃煤發電的裝置容量降為 30 百萬瓩。但事實上，德國燃煤發電的裝置容量目前已超過 40 百萬瓩，2018 年時供應德國 35% 的電力需求。

煤炭委員會的報告指出，第一波淘汰的燃煤發電廠將與核能發電結束的時期相近。此外，2023 年至 2030 年將逐步淘汰 17 百萬瓩的燃煤電廠，這將有助於德國實現 2030 年的氣候變遷目標：電廠碳排量相較於 1990 年的水平減少 61%。

煤炭委員會規劃將於 2023、2026、2029 及 2032 年每 3 年審核一次，並期望能提早在 2035 年完全停止燃煤電廠的使用。

德國未來電價上漲 停電風險大增

阿特梅爾部長表示：「目前德國有超過 40 百萬瓩的燃煤電廠，其中有一半在 2030 年仍將繼續運轉，逐步淘汰燃煤的時程規劃需基於能源供應安全與價格可負擔的標準，進行定期審查。」

分析師 Bernstein 表示：「相較於基準情境，德國在 2022 年至 2030 年間，電價預計會上漲 8 –13%。」其分析的假設基於至 2022 年關閉 5 百萬瓩的燃煤電廠。

阿特梅爾雖讚揚電網營運商確保了電網穩定的現況，但也警告未來可能面臨的停電風險。而德國政府目前首要任務乃是加速電網的擴增，並在 2025 年實現進一步的市場一體化，且需考量電力系統如何適應2030年電力結構中佔65%的再生能源。

沒有完美的能源

根據歐洲環境署的數據，比較波蘭、德國和法國的歷史排放數據，結果令人震驚。在過去的 20 年裡，波蘭減少的排放量幾乎與再生能源投資總額超過了 2,500 億歐元的德國相同。

德國每單位發電量的排放量約為波蘭的一半，然而，德國在開發再生能源方面一直處於領先地位，波蘭卻不是如此；長期投資於再生能源的德國最終可能會以與波蘭相似的減碳排放比率收尾？如果再與法

國相比就更弔詭了，德國排放量竟比依賴核能發電的法國高 10 倍。

對於能源專家來說，答案很簡單，當不穩定的能源在能源結構中達到一定的飽和度，若再持續發展，在整體能源生產中並不會呈等比例的增加。如果沒有來自穩定的來源供應，能源系統不能僅僅依靠再生能源供應，而在德國，這些能源系統是由最高排放量的褐煤發電廠提供的。

現在讓我們來看看法國，75％的能源來自核電廠，其餘的由火力電廠生產，每個發電裝置的二氧化碳排放量平均比鄰居德國低了 10 倍。現任總統馬克宏放棄了前任總統在綠色意識形態的浪潮中，承諾 2025 年將核能的比例降低到 50％的計畫，並指出重要的是減少排放。儘管如此，為了安撫風力的遊說團體，他批准了海上風電場的建設，並保證價格比核電價格貴 5 倍。那麼，只有富人可以負擔得起了。

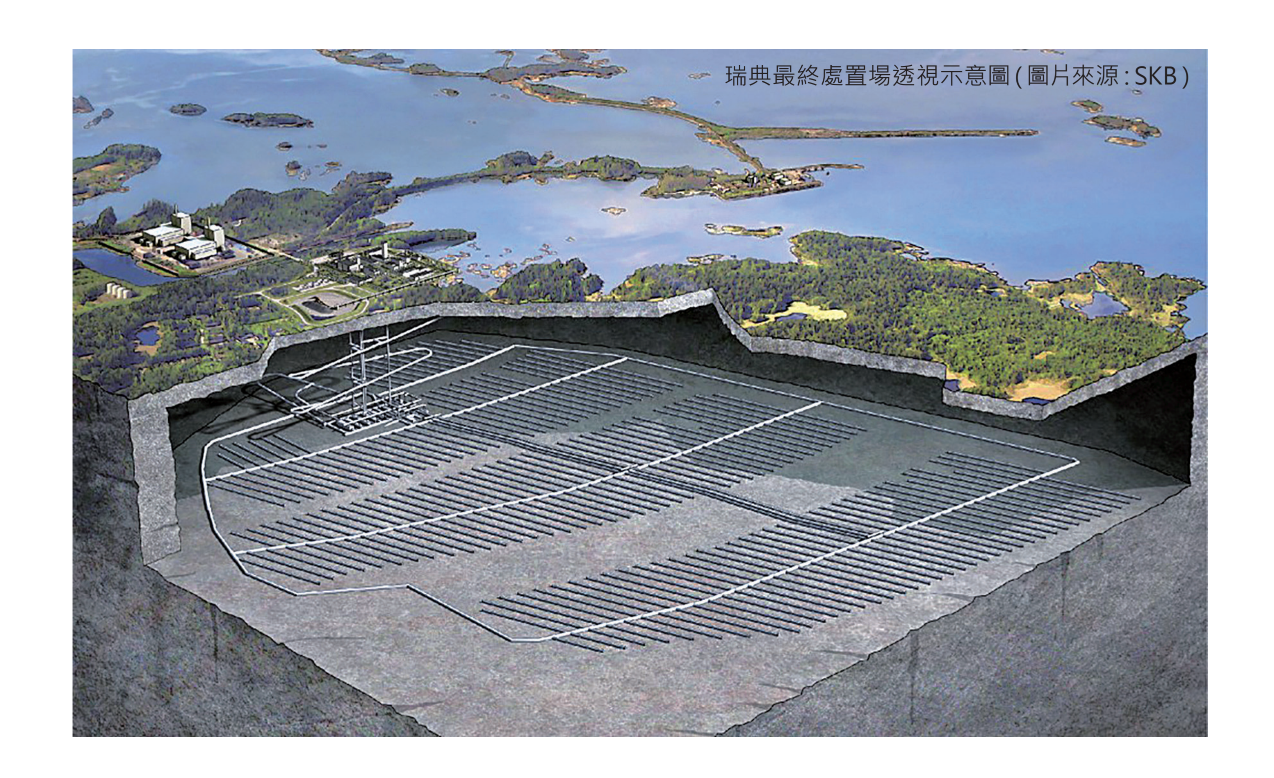
歐盟應該問自己，再生能源發展的道路是否真正實現了氣候保護、減少二氧化碳排放，或者是一種有利可圖的商業製定計畫？可能一開始，風能的發展是由生態因素驅動的，但隨著巨額補貼，將這種產生能量的方式轉變為一種有利可圖的業務。

有一篇文章，「風力發電機不是風力發電廠，它是一種優秀的金融工具」，這是事實，因為要找出另一種可以保證這類風險，又有多年高利潤的設備並不容易，這也是一個有強大遊說力道的企業。此外，德國 SPD-CDU 聯合政府的條款阻止歐盟預算用於核能發展的資金。因此，德國可以將支付到歐盟預算中的波蘭資金用於德國開發再生能源，但是波蘭卻不能將其貢獻用於核能。

人們可能會問是誰從再生能源的發展中獲得了最大的利潤，很明顯的，不是氣候。如果歐盟真的想藉由減少二氧化碳排放來保護氣候，那麼無論使用何種技術，都會盡可能有效地設定減排目標。核能發電的投資成本很高，但由於使用壽命長，可變動成本低，其價格非常便宜。無論天氣條件如何都可穩定提供，從而確保能源安全。事實上，歐盟一半的無碳排能源是由核電廠生產的。

現在是時候考慮改變能源政策，用「潔淨能源」取代「再生能源」了嗎？

參考資料：
1. Renewables overtake coal as Germany's main energy source, reuters, 2019/01/03
2. Macron: Europe must prioritise emission reductions, WNN, 2018/04/24
3. German commission recommends phasing out power from coal by 2038, S&P global, 2019/01/27
4. Germany needs longer timetable to end coal-fired power: minister, S&P global, 2019/01/22
5. Viewpoint: There is-no Holy Grail of energy, WNN, 2018/12/17

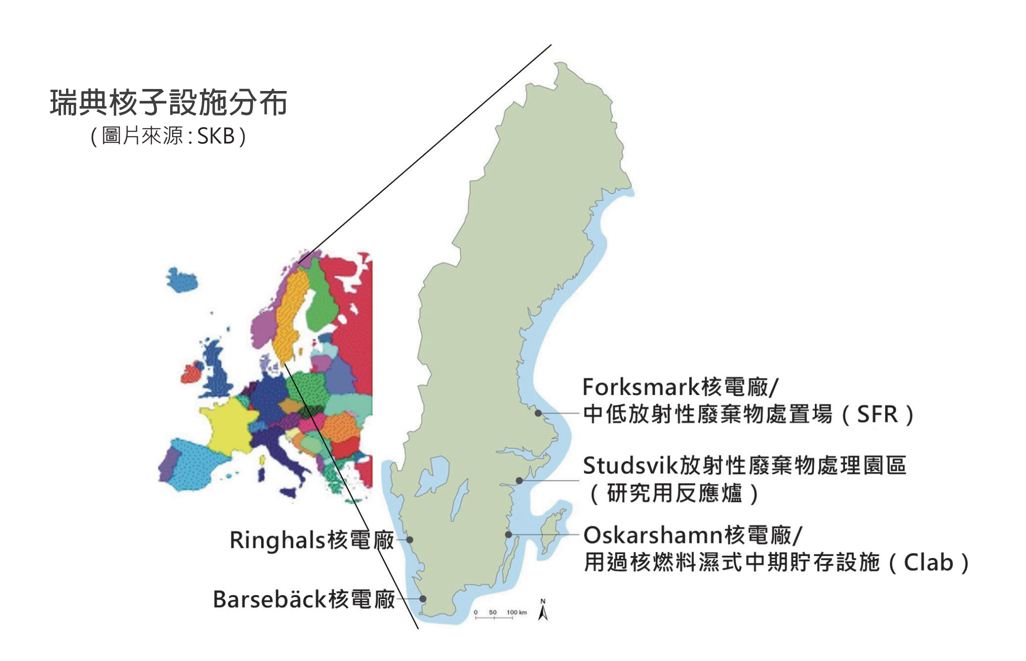

瑞典最終處置場透視示意圖(圖片來源:SKB)

瑞典高放選址現況報導

文 編輯室

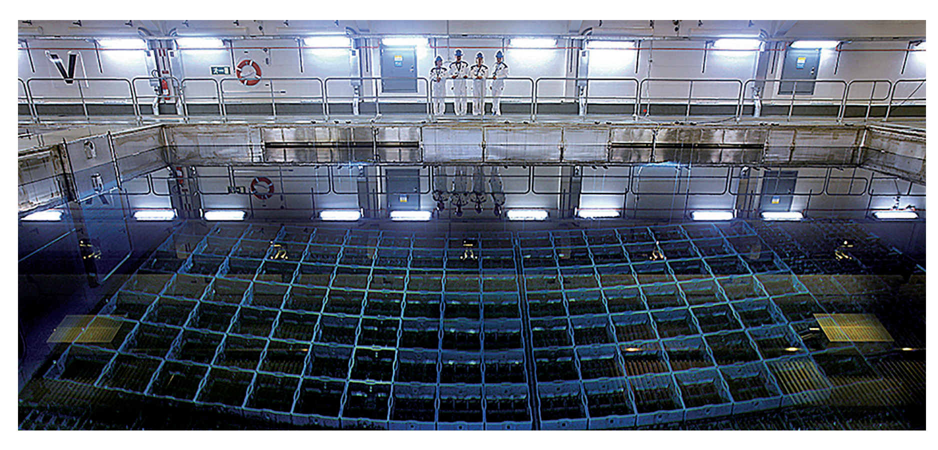
自核反應爐退出的用過核燃料含有非常高的放射性，為了不造成任何的傷害，必須將用過核燃料與人類及環境長期的隔離。因此，找尋一座地下500公尺深、有三層保護屏障的最終處置場為其解決方式，確保用過核燃料中的放射性物質不會釋出到我們的生活環境。但也由於用過核燃料的高放射性，導致選址的過程必須涉及多個層面，除了替場址進行詳細的調查，視當地地理條件是否適合之外，居住於場址當地的居民是否了解、支持建設最終處置場，這才是一項難題。

瑞典是全世界很早開始使用核電廠的國家之一，1950年代即擁有國家首座研究用反應爐，1970年代第一座商用核電機組—Oskarshamn核電廠1號機—開始運轉，1985年時有4座核電廠、12部機組運轉中為最高峰。但在1979年三哩島事故後，瑞典發起全民公投，成為全球第一個通過漸進式廢核政策（停止新建核電廠，投資再生能源開發，且民眾已知電價會上漲，需全民買單）的國家；1986年車諾比事故後也因尊重丹麥反核民意，陸續關閉在丹麥對面的Barseback核電廠兩部機組。



但是，因為全球暖化加重以及能源供應安全的重要性等種種原因，瑞典政府在2009年宣布廢除「停止新建核電廠」的公投禁令，並再次舉行全民公投，結果以62%：19%的懸殊比例通過廢除該禁令。不過，2011年的福島事故導致剛開始興建的核電機組又被迫喊停，瑞典政府也在2016年做出「2040年將100%使用再生能源發電」的承諾，意味著現有核電廠雖可申請延役，但終將面臨關閉。

瑞典至今已有4部機組除役，8部機組運轉中。根據國際原子能總署（IAEA）的數據，2017年核電仍占了瑞典國家電力近4成，為國家重要電力來源，僅次於水力發電。



瑞典用過核燃料濕式中期貯存設施Clab（圖片來源：SKB）

瑞典放射性廢棄物專責公司 SKB

在大量使用核能發電的情況下，瑞典自早期即開始替用過核燃料與中低放射性廢棄物找尋合適的去向，紮實地建立國家核能法規與相關機構，由瑞典 4 間核電業者出資成立「瑞典核子燃料與廢棄物處理公司（SvenskKarnbranslehantering AB，簡稱 SKB）」，專門處裡各種由瑞典電廠產生的放射性廢棄物。在受到法令約束的情況下，瑞典的電力公司必須負責處理所有自核電廠退出的用過核燃料，並自行承擔相關費用，多年來的研究與經營，使瑞典與芬蘭齊名，成為目前全球推動最終處置相關工作最為領先的國家。

瑞典用過核燃料的數量在長期（超過 50 年）使用核能發電的情況下不斷累積，目前這些退出反應爐的用過核燃料都被貯存在 Oskarshamn 核電廠旁邊、由 SKB 負責營運的「用過核燃料濕式中期貯存設施（Clab）」，等待進入最終處置場進行最終處置。用過核燃料需在該處的用過核燃料池存放至少 30 年的時間，待大部分的放射性自然衰退，使用過核燃料在最終處置的期間較容易處理。

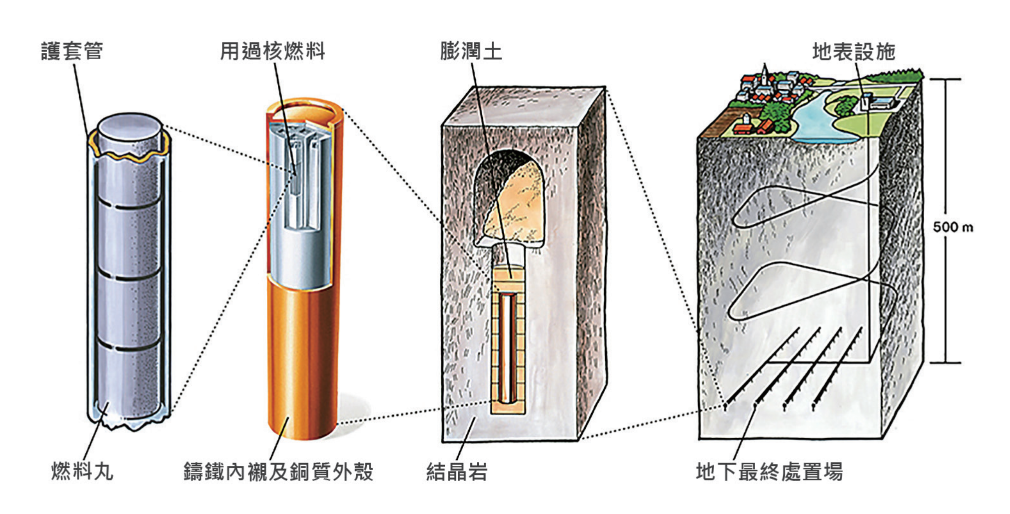
根據 SKB 的數據，目前 Clab 濕式貯存設施中已儲有 6,500 噸的用過核燃料，並以每年 200 噸的數量增加。在瑞典全部 12 部核電機組結束運轉後，Clab 濕式貯存設施內的用過核燃料預計將達到 12,000 噸，瑞典最終處置場也是依照這個數量來設計與建造，這也代表目前正在計畫中的最終處置場未來並不會接收其他可能新建核電廠的用過核燃料，也不會接收任何來自其他國家的用過核燃料。

「用過核燃料含有放射性的壽命非常長」為最終處置會如此複雜的主要原因，用過核燃料放射性的壽命比目前人類的壽命還要長久，為了避免對人體與環境帶來任何傷害，用過核燃料必須被隔離一段非常長久的時間，最終處置設施因此將使用核燃料裝置容器、緩衝物質與天然岩石等「多重障蔽」的深層地質處置概念來建造，防止用過核燃料內的核種釋出至地表，與人類、環境隔絕。

KBS-3 深層地質處置概念

SKB 自行研發的深層地質處置方式 KBS-3 就是基於多重障蔽的概念所建立，由內而外利用用過核燃料貯存容器、容器周圍的緩衝物質（包含處置坑道回填材料），與場址地下的天然岩石所組成的三層保護屏障，將高放射性廢棄物永久包覆在處置場內，有效阻隔放射性物質在劑量衰減至天然水平之前外釋。而瑞典最終處置計畫所採用的處置概念 KBS-3，分別利用銅製的密封桶作為用過核燃料的貯存容器、膨潤土作為緩衝材料，以及瑞典的結晶狀母岩作為最外層的障蔽。

用來裝置用過核燃料的貯存容器高 5 公尺，當裝入用過核燃料後一座貯存容器重達 25 噸，外殼主要由 5 公分厚的銅所製成。這種貯存容器有足夠的能力承受來自最終處置場周圍的岩石運動所造成的機械外力與腐蝕現象。



瑞典最終處置場採用 SKB 自行研發的 KBS-3 深層地質處置概念 (圖片來源 : SKB)

而銅製的貯存容器將會被嵌入用最終處置場填有膨潤土的處置坑中。膨潤土可以有效發揮緩衝作用，保護貯存容器不受腐蝕與岩石活動影響；膨潤土遇到水會膨脹的性質也可在貯存容器外圍形成一層保護，阻止水流接觸到貯存容器，也可防止放射性物質自內部逸出。

最外層的障蔽則包括岩床本身。岩石可提供穩定的化學環境，隔離地表形成天然的保護。雖然岩床中仍會有流經岩石裂縫的地下水，但就算任何放射性物質從貯存容器中逸出並穿透膨潤土層，也會被岩石裂縫中的表面、礦物質，以及岩石的微孔所捕獲。

由於選址過程涉及各種岩石、化學、地質、水文與生態學研究，SKB 自 1970 年代即開始尋找能長時間貯存與管理用過核燃料的方式，並進行各種研發，在 1983 年提出 KBS-3 處置概念報告，表示用過核燃料可用研究中描述的方法，安全地執行「深層地質處置」。SKB 隨即開始冗長的選址過程，預計完工後將可容納瑞典所有反應爐卸下的用過核燃料，將其隔絕至少 20 萬年以上，到時輻射劑量將衰減至原始天然鈾等級。KBS-3 處置概念之後也被芬蘭放射性廢棄物專責公司Posiva Oy採納。

選址過程

雖然 SKB 在 2009 年 6 月初就已選定佛斯馬克（Forsmark）為最終處置場場址，冗長的選址過程其實在 1970 年代就已開始。做為用過核燃料最終處置場場址，由於佛斯馬克此處的岩石穩定、均勻，因為裂縫少，流經裂縫的水流也不多，在「長期」提供安全方面擁有良好的前景，因而被選為最合適的場址。

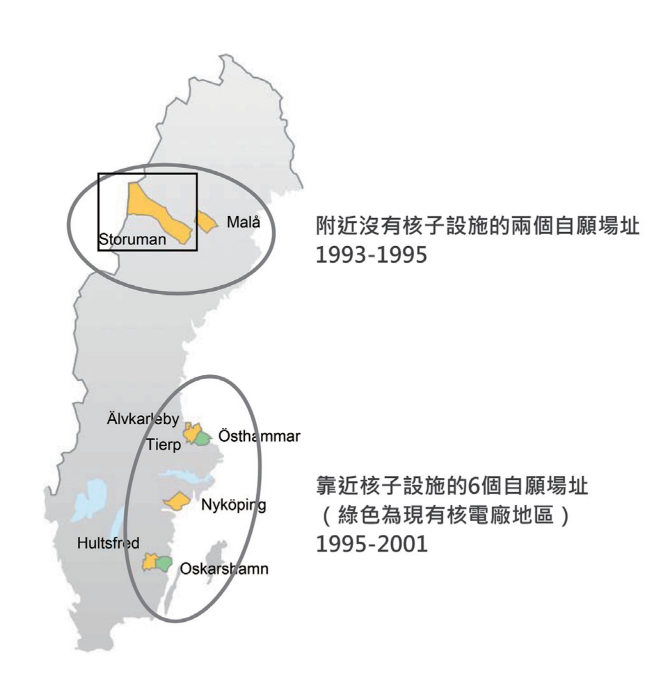
由於調查各地岩床的狀態就可以確定

於當地建設用過核燃料最終處置場的安全性，SKB 在 1977-1985 年期間即開始對 10 多個地區進行鑽探與各種類型的調查，但卻在進行鑽探的同時面臨到當地居民激烈的抗爭。SKB 體會到在不友善的環境進行選址工作沒有任何意義，必須獲得地方的支持才可順利的執行地質處置。

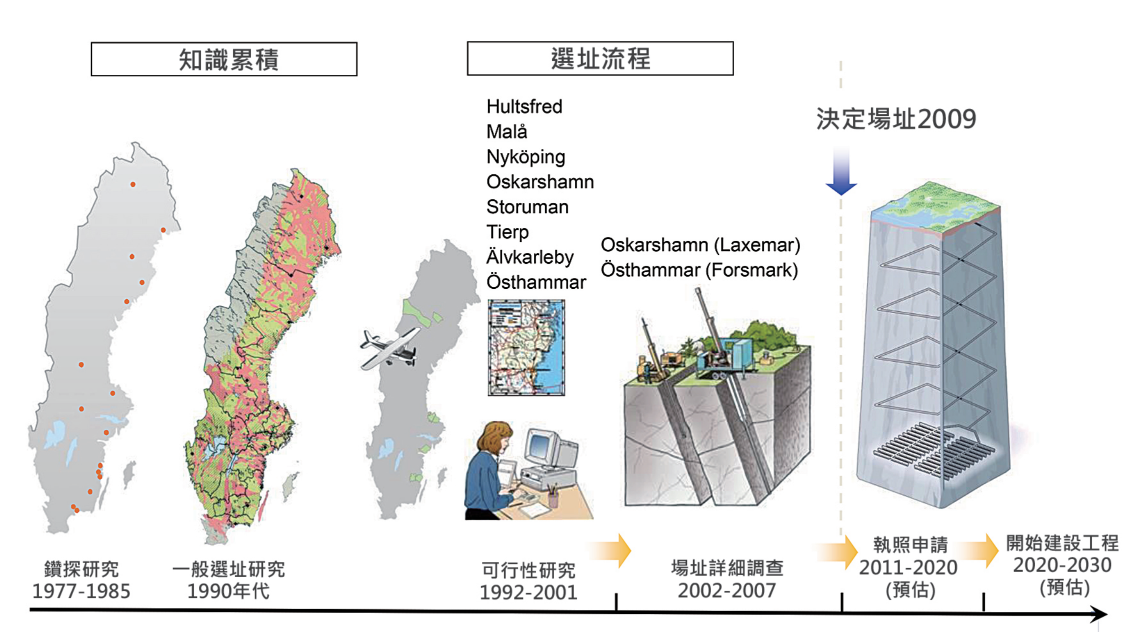
因此，SKB 在 1992 年開始採用自願的方式，徵詢是否有地區有意願讓 SKB 進行初階段的可行性研究，並標明「若表示有意願」並不代表「就會」成為候選場址，當地居民只要在這段期間內改變心意都可以隨時終止調查，退出選址過程。SKB 將這項訊息傳遞至瑞典共 286 個市政當局，位於瑞典北部的 Storuman 以及 Malå 為最先給予 SKB 正面回覆的兩個地區，SKB 立即於這兩處地區開始可行性研究，但在當地的公民投票結果中，多數居民表示反對，SKB 也立即停止在這兩個地區的研究。

在這之後，SKB 決定詢問瑞典南部現有核子設施的地區是否有意願進行研究調查，同時也強調「不會在民眾反對的地區展開研究」，最後有 6 個地區陸續同意讓 SKB 於當地進行可行性研究調查。這幾個地方包含設有 Clab 用過核燃料濕式貯存設施與 Oskarshamn 核電廠的 Oskarshamn、設有瑞典中低放射性廢棄物最終處置場（SFR）與佛斯馬克核電廠的 Östhammars、設有瑞典研究用反應爐的 Nyköping 等，以及其他 3 個鄰近這些地點的地區。

在結束可行性研究調查後，SKB 公告通過第一階段篩選的候選場址為：Oskarshamn、Östhammars 與 Tierp，將於當地進行詳細的場址調查，但當時僅 Oskarshamn 與 Östhammars 同意進行至下一輪。SKB 自 2002-2007 年、共耗



瑞典最終處置場選址採自願制
（圖片來源：SKB）



瑞典最終處置場選址過程 (圖片來源 : SKB)

時 5 年的時間，於兩處進行詳細場址調查，調查內容涉及地質學、水文學、生態學與社會影響等，相關報告約有 800 份。

除了地質合適之外，根據 SKB 的統計，這兩處地區的居民對未來建設最終處置設施的支持率都超過 7 成，最後 SKB 在 2009 年時確定將場址選定在佛斯馬克，就在佛斯馬克核電廠的隔壁，SKB 將在此塊地質年齡至少 10 億年的結晶狀岩石當中，建造可存放 1.2 萬噸的用過核燃料最終處置場。

處置場建設工程將在地表占地約 15 公頃的場址下方開挖一座長 5 公里的坡道，延伸至地下 500 公尺深的地方建造最終處置場隧道系統，存放在此長度約 60 公里的隧道裡。在處置場完成接收瑞典 6 千桶、共 1.2 萬噸的用過核燃料後 (預計 60 年)，處置場將會被完整密封。

而 SKB 已在 2011 年上半年時提交了於佛斯馬克場址建造最終處置設施的建設執照申請。因用過核燃料自 Clab 中期貯存設施運出前必須先完成嚴密的封裝才可運送至最終處置場，SKB 也一同提出在 Oskarshamn 的 Clab 濕式中期貯存設施建立用過核子燃料封裝廠的申請，以利未來用過核燃料的運輸。

由於最終處置設施建設史無前例，瑞典耗時近 40 年的時間進行相關研究、選址，除了建設工作複雜之外還涉及到大量的民眾溝通等社會議題。因此 SKB 在開始整個建設工程前必須分別自瑞典輻射安全局（SSM）、瑞典環保法庭、燃料封裝廠地區政府（Oskarshamn）、最終處置場地

時間	瑞典選址過程時間表
1992	SKB 向瑞典全國徵求「有意願進行地質可行性研究調查」的地區
1993	瑞典北部的 Storuman 以及 Malå 兩地區回覆同意
1995-1997	Storuman 與 Malå 都因地方公投結果反對，分別在 1995 與 1997 年退出選址過程
1995	SKB 決定與現有核子設施的地區聯繫，並同時招募其他地區是否有自願者
1995-1999	現有核子設施的地區（Östhammars 與 Oskarshamn）以及鄰近地區先後同意參與可行性研究調查，一共 6 個地區
1993-2000	8 個自願地區（包含 Storuman 與 Malå）的可行性研究調查開始，每個地區分別需要 2-4 年的時間，依照其提出自願申請的時間而定
2000/11	SKB 公告進入詳細調查階段的場址：Östhammars、Oskarshamn 與 Tierp
2001/12	Östhammars 回覆，同意接受場址詳細調查
2002/03	Oskarshamn 回覆，同意接受場址詳細調查
2002/04	Tierp 回覆，拒絕進行場址詳細調查
2002-2009	SKB 於 Östhammars 與 Oskarshamn 進行場址詳細調查
2009	確定 Östhammars 的 Forsmark 為最終處置場場址
2011	提交最終處置場建設申請
2011-2019	處置場建設申請審核（目前仍在審核當中）
~2020s	開始處置場建設工程
~2030s	處置場開始營運

圖表來源：Nuclear Decommissioning Authority (2017)

區政府（Östhammars），以及瑞典中央政府等獲得 5 個「同意」，才可開始建設工程。審核的過程目前仍落在第二階段的環境保護法庭，SKB 希望能在 2020 年代初期開始建設工程，並於 10 年後啟用最終處置場。除了深入的與政府、民眾進行溝通並獲得支持，SKB 在整個選址過程保持資訊公開透明，任何更新及過去的資訊都公布在 SKB 的網站等，都是瑞典最終處置選址能走到今日的原因。

資料來源：
1. SKB. "Spent Fuel Repository." March 2018.
2. SKB. "How Forsmark was selected." November 2016.
3. SKB. "Our method of final disposal." November 2016.
4. SKB. "The Swedish Nuclear Fuel Management Programme." January 2016.
5. SKB. "Site investigation Forsmark 2002-2007." April 2012.
6. SKB. "Deep Geological Disposal of Spent Nuclear Fuel in the Swedish Crystalline Bedrock." June 2010.
7. Nuclear Decommissioning Authority. "Geological Disposal – Overview of International Siting Processes 2017." December 2017.
8. 財團法人核能資訊中心《瑞典用過核燃料最終處置現況》，2015 年 10 月。



韓國朱漢奎教授認為韓國災難電影 < 潘朵拉 > 過於誇大。

以核養綠公投對韓國的啓示

文 **編輯室**

2018 年底，中華民國核能學會邀請到來自韓國首爾大學核工系的朱漢奎教授，為大家演講韓國近年來有關核能的情勢，以及以核養綠公投對韓國的啟示。

韓國能源的情況

韓國雖然不是海島，但是北邊陸地與北韓相接，所以無法從陸地進口能源，所有能源皆從海上進口，實際上與海島國家極為相似。韓國能源 95% 依賴海外進口，是全球第 9 大能源消費國，2017 年的總發電量為 5,540 億度，人均年用電量是 1.1 萬度，如圖 1。韓國工業與住宅用電與世界主要國家相比相對便宜，如圖 2。

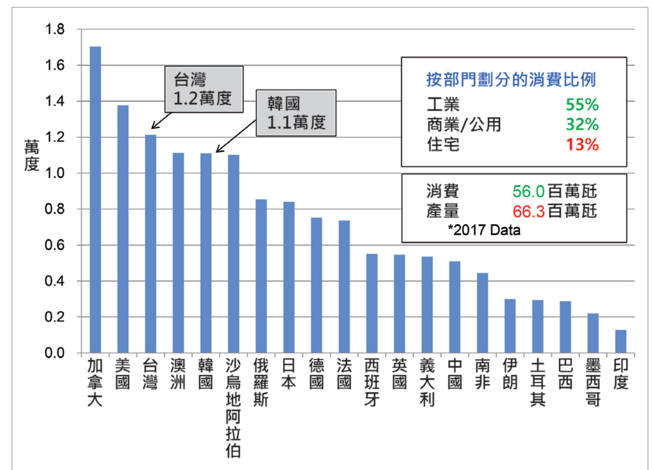
可以看出韓國的能源情況不少地方與台灣相似，能源都是大幅依賴進口的海島型國家，各部門的能源消費占比也很類似，台灣人均年用電量 1.2 萬度比韓國多一點，但在全球都是屬於偏高的情況，然而電價都相對便宜，這可見工業對台灣和韓國的重要性。

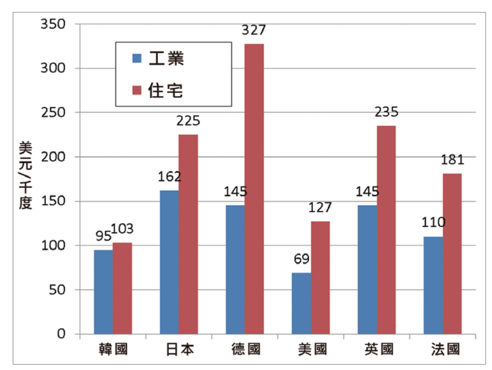
韓國核電的情況

朱漢奎教授說，韓國在 1957 年成為國際原子能總署 (IAEA) 成員國後即開始發展核能之路，隨即迅速地在 1958 年通過

相關法案，然後 1987 年是關鍵的一年，該年得到燃燒工程設計的技術轉移後，核能發展就進步快速，如圖 3。目前韓國的核能機組共有 24 部，發電量占了全國近 3 成，論核電機組數和國土面積的比例，韓國是全球核電密度最大的國家。

朱漢奎教授表示，韓國核工業已經做到可以自給自足、完全技術獨立，如圖 4，在 2007 年，韓國成為世界第 3 個具備自行研發第 3 代核電的國家。而且韓國的核電廠建設成本比美國、法國、中國和蘇聯還便宜，所以韓國在 2009 年的競標上贏過美法，拿到阿聯酋 204 億美元的核電廠建設合約 (4 部 APR1400)，接著與進口韓國最多石油的沙烏地阿拉伯簽訂核電廠合約。





(左) 圖 1. 2017 年世界各主要國家的人均年用電量，以及韓國電力消費情況。(右) 圖 2. 韓國及其他 OECD 國家的工業與住宅電價。

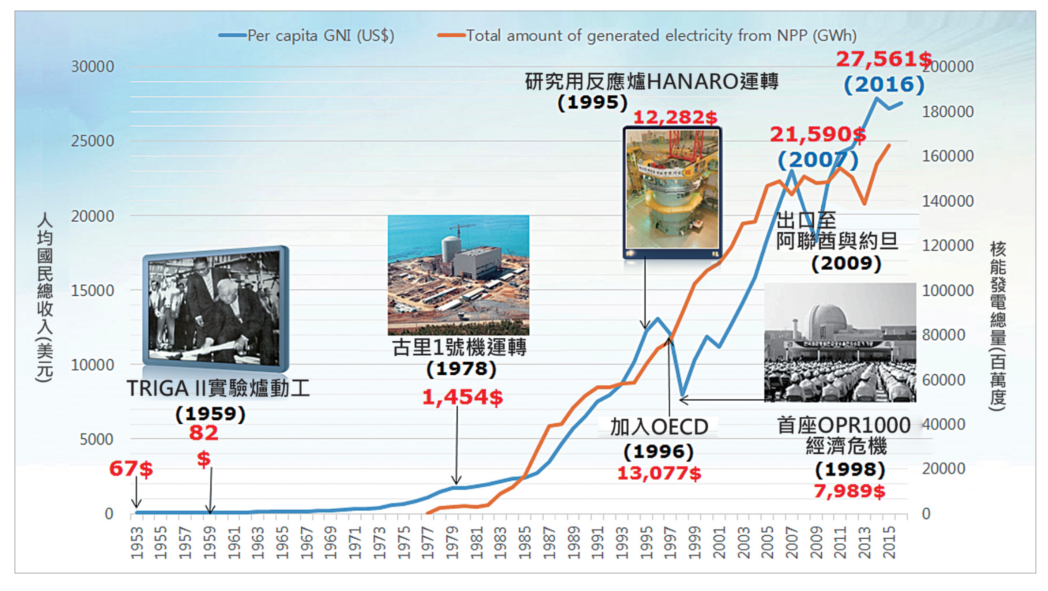


圖 3. 韓國核電的發展史



圖 4. 韓國核工產業已可自給自足

淘汰核電的啓動過程

朱漢奎教授說，韓國在福島事件前最嚴重的反核活動，是 2003 年低放射性廢棄物處置場選址過程中爆發的抗爭，如圖 5。當時政府未徵詢人民的意見，就決定將浦安郡的蝟島作為處置場的地點，此舉引發居民的強烈反抗，有成千上萬人民上街抗議，並引發警民衝突，有當地居民不幸地被打傷送醫。南韓政府記取此一慘痛教訓，2004 年的處置場選址過程改採法制化、協商、回饋、自願及公投等民主機制，終於有了突破性的發展。

2005 年 3 月，南韓國會通過「中、低放射性廢棄物處置場申辦地區支援特別法」，同年 8 月，南韓各地方政府依據此法，計有全羅北道的群山市（Kunsan）、慶尚北道的慶州市（Gyongju）、浦項市（Pohang）以及盈德郡（Yongduk）4 鄉鎮，向政府申請自願設置低放射性廢棄物處置場。同年 11 月 2 日，這 4 個地區同時辦理公民投票，投票結果慶州市民眾以 70.8% 投票率、89.5% 同意而勝出，其他未獲選的 3 個鄉鎮，居民支持度也都在 67% 以上。最後慶州市的處置場也順利於 2015 年完成，此過程值得深思並學習。

雖然 2003 年有強烈的抗爭，但韓國社會反對核能的比例仍是不大。不過近年來有個兩個事件讓反核的情緒明顯上漲，一是福島事故、二是韓國水力與核電公司 (Korea Hydro & Nuclear Power，KHNP) 的偽造醜聞，如圖 6。在 2013 年







圖 5. 2003 年韓國反對低放射性廢棄物處置場抗爭激烈

時，爆出 KHNP 有些核電廠的耗材 (如信號電纜線) 測試證書是偽造的，以及隱藏應急柴油發電機的故障，導致電廠停電 12 分鐘等事件，造成當時高達 10 座核電機組因此停機。

韓國反核組織成員很多元，有環保主義者、醫生、教授、律師和議員等，並積極發起一些反核活動，例如首爾的節省一座核電廠運動 (打著讓核電廠關門的節能活動)、阻礙核電廠相關設備許可證 (如輸電塔、臨時氡氣廢料儲存場等)、深入國高中教學 (緩慢但非常有效) 等。台灣和韓國的反核團體也有互通並互相學習。

2016 年 9 月 12 日，慶州發生規模 5.8 的地震，這對地震較少的韓國是很強烈的衝擊，反核團體藉機誇大了危險，但實際

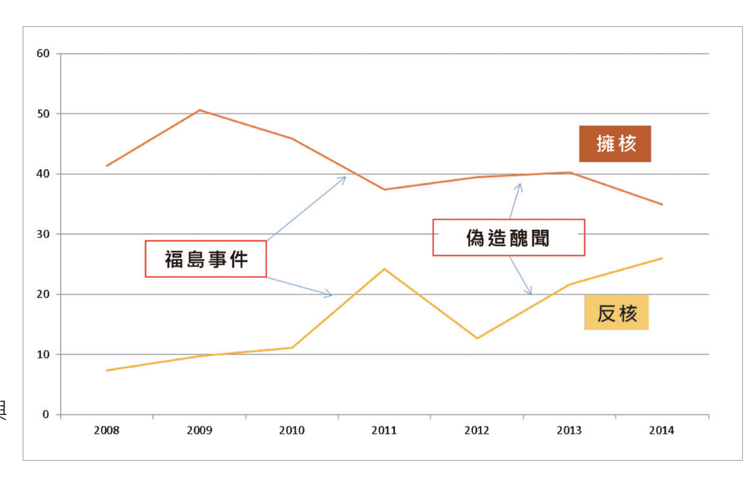


圖 6. 韓國 2008 到 2014 的支持與反對核能比例

上並沒有任何傷亡，核電廠也安然無恙。然而，3 個月後反核電影 < 潘朵拉 > 隨即上映了，朱漢奎教授說，雖然電影導演說是在批評官僚主義，但這部與現實不符的電影誇大了核電廠處理危機的情況。這部電影有 450 萬人次觀看，加上之前地震的影響，讓 2017 年的總統大選中 5 名候選人有 4 名以淘汰核電作為競選支票。

2017 年 5 月的韓國總統大選，由反核的文在寅勝出，文在寅當選總統後在 2017 年 6 月 19 日的古里 1 號機退休儀式上正式宣布淘汰核電政策 (Nuclear Power Phase-Out Policy，NPPOP)，宣布核能和燃煤都是邪惡的電力來源，要逐步淘汰這兩項發電方式，並且中止正在興建中的新古里 5、6 號機的施工。

抗議淘汰核電政策和新古里 5、6 號機審議程序

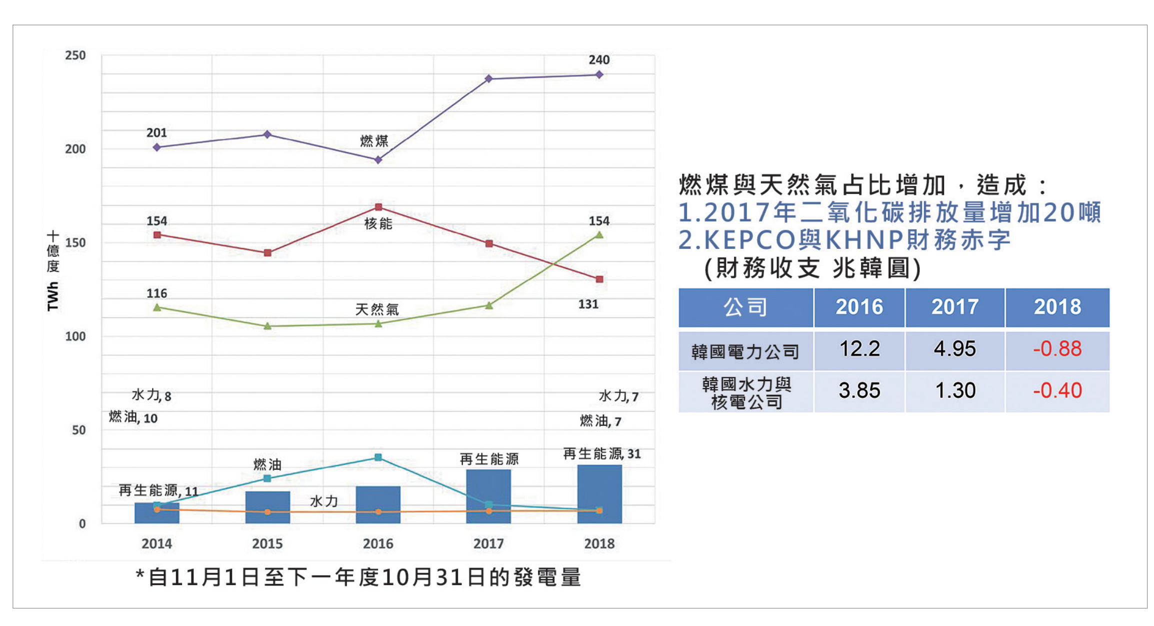
文總統中止正在興建中的新古里 5、6 號機施工的決定，引起社會上眾多反彈，最關鍵的行動是全國 230 名教授加入了抗議，結果文總統下令先暫停施工，7 月時宣布組成「新古里核電廠第 5、6 號機公論化委員會」，此委員會負責公正地設計和管理公開辯論的過程，主席為首爾高等法院法官，另外分別設置 4 個領域各有 2 位委員，這 4 個領域為人文社會科學、科學技術、統計研究和衝突管理，各領域設有小組委員會以推動委員會的工作。

公論化委員會在 3 個月內進行了 4 次民意調查，第 1 次調查是先進行電話訪問，在有回應的近 2 萬名國民中，隨機選出 500 人，邀請他們參與審議；第 2 次調查是將上次選出的 500 人正式組成公民審議會，500 人中有 478 人參加公民審議會；第 3 次調查是要公民審議會參加 3 天 2 夜的綜合討論會，在 478 人中有 471 人參加；第 4 次調查於 10 月 15 日綜合討論會的最後一天進行問卷調查，由這 471 人的公民審議會做出最終選擇。

根據以上 4 次的調查結果，公論化委員會於 10 月 20 日向政府提出 3 項建議事項：1. 最後的第 4 次調查中，支持「恢復施工」的比率為 59.5%，贊成「中止」的比率為 40.5%，所以建議恢復新古里 5、6 號機的建設計畫。2.「擴大」、「維持」、「降低」核電的比率分別為 37.1%、9.7%、53.2%，所以建議能源政策朝向降低核能發電的方向推動。3. 建議儘快籌備和推動市民參加團提出的具體實施方案，做為恢復施工的配套措施。具體配套措施有「強化核電廠安全基準 (33.1%)」、「擴大投資，增加再生能源在能源結構中的比率 (27.6%)」、「儘快制定用過核燃料處置措施 (25.3%)」等。

如何說服公民審議會？

朱漢奎教授表示，準備教材給公民審議會的組織，大多數是由教授和少數 KNHP 工程師組成的，以提供有關核電安全和效



公司	2016	2017	2018
韓國電力公司	12.2	4.95	-0.88
韓國水力與核電公司	3.85	1.30	-0.40

圖 7. 韓國 2014 到 2018 年的各項發電占比

益的正確信息，該組織也積極參與報紙文章發表、電視辯論和講座等。例如 2016 到 2018 的核能發電量減少，導致煤炭和液化天然氣發電量大幅上漲，進而使 2017 年的二氧化碳排放量增加，還有讓韓國電力公司虧損上兆韓圓，如圖 7。

正確的核能相關資訊還有：歷史證明核電廠的安全性、核廢料的產量很少、乾式貯存就可以安全儲存、應對氣候變遷需要核電、未來世界趨勢是逐漸增加使用核電、便宜的核電可以補貼再生能源發展、核能是準自產能源、韓國擁有世界頂級的核工業，廢核會導致韓國核工業崩潰、許多公司倒閉、失業人口增加等。

支持核能的力量與行動

除了上述提供給公民審議會準備教材的組織，另外在韓國支持核能的組織有：

1. 核能集體智慧（NECI），由網路上約 30 名熱情的支持者組成，他們具有專業的知識，然後參與「維基百科」上核能內容的修改，以及在「臉書」上發表核能安全與優勢的正確信息等。

2. 核專家論壇（NEXFO），由約 50 名專家組成的工作小組，負責特定主題的工作，例如回應反核論點的教材，以及核能相關事實的查核報告。

3. 理性能源政策協會（PAREP），由教授自願參加，提出國家能源政策中不合理的問題與解方，還有舉辦研討會、辯論和發表立場聲明。



圖 8. 韓國在 2018 年 4 月 21 日支持核能的遊行

4. 核能政策聯盟（NEPC），由核能部門的工會以及教授組成的聯盟，和國民議會一起舉行活動和研討會。

5. 核工程學生會（NESU），由核能工程系所的大學生所組成，共有 14 所大學參與。

另外，在 2018 年 4 月 21 日舉辦了第一次支持核能的遊行，如圖 8，在歐美曾有過支持核能的遊行，但在亞洲這可能是第一次支持核能的遊行出現。

朱漢奎教授說，在 2016 年之前，韓國支持核能的比例非常高，但是在反核電影 < 潘朵拉 > 上映後，隨著總統大選的反核議題沸騰，反對核能的比例快速提升，與支持核能的比例相近，甚至一度反轉。但在 2018 年 6 月和 8 月的兩次民調表示，支持的比例又拉高，目前是 7 成的韓國民眾支持核能，如圖 9。

以核養綠公投對韓國的改變

朱漢奎教授表示，他們也開始仿效台灣以核養綠公投的行動，在 2018 年 12 月 13 日正式開始進行連署，目的是要改變廢核政策，並要求回復新蔚珍 3、4 號機的

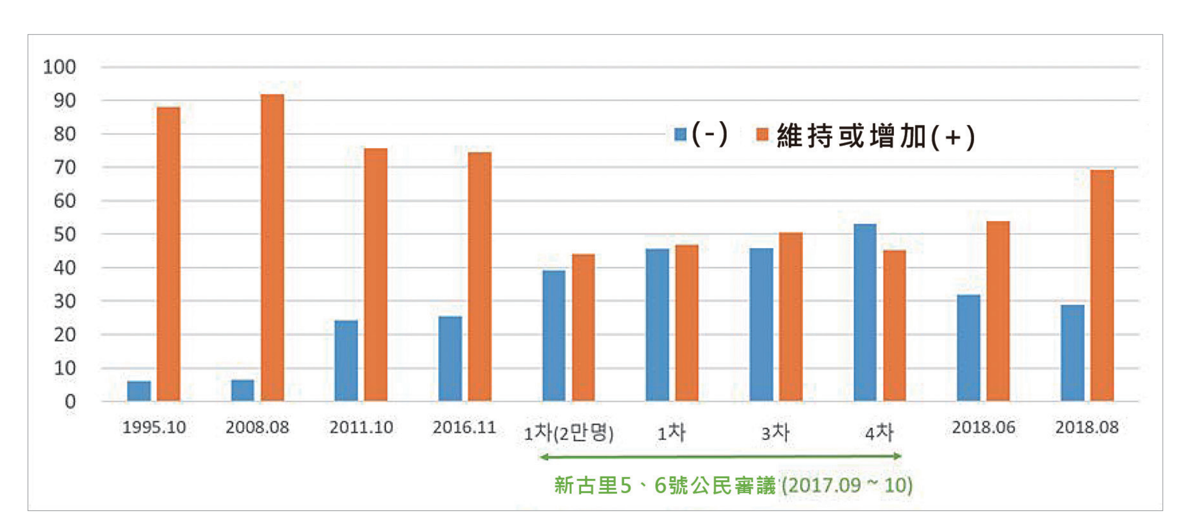


圖 9. 歷年來韓國民意對核能的態度變化，2018 年起支持度逐漸拉高。

建設。初步目標是在 2019 年 1 月中旬獲得 20 萬份的連署支持，長期目標是獲得 100 萬份的連署支持，連署方式有網路和實體上街頭連署，雖然韓國沒有跟台灣一樣的公投制度，但是他們希望藉由此民意來改變廢核政策。此連署行動並得到韓國最大在野黨的回應，承諾將在國會中積極推動公投制度，向台灣看齊。

最後朱漢奎教授再次感謝台灣支持核能的朋友，台灣以核養綠公投的成功，給韓國核能界很大的鼓舞與未來方向的明燈，並且希望韓國和台灣支持核能的朋友能有更多的交流，一同讓核能帶給世界美好的未來。





比以往殺死更多癌細胞：
放射治療的新時代

文 **編輯室**

1901 年，當輻射首次使用於治療癌症時，輻射徹底改變了醫學。然而，它的使用只有在技術創新允許的情況下才能發展。現在，由於物理學，技術和計算方面的進步，放射治療正進入一個精確、有效和安全的新時代，國際原子能總署 (IAEA) 正在確保放射治療的進展幫助世界各地的癌症患者。

與時俱進的放射治療

「這些進步可以改善患者在治療期間的生活品質，對於許多類型的癌症，改善標

靶方向，減少復發，並提高存活率。」國際原子能總署人類健康部部長阿布德瓦哈 (May Abdel-Wahab) 說：「這些新技術中的一些突破，例如立體定位放射治療（stereotactic body radiation therapy, SBRT），可以利用增強癌症的免疫原性 (immunogenicity) 使新的免疫治療更為有效。」

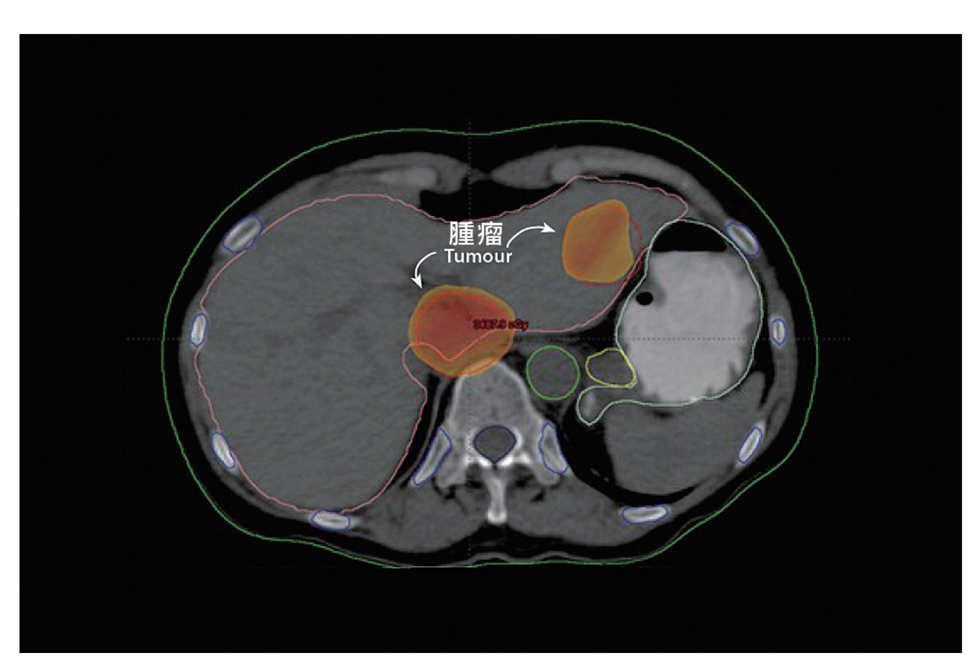
埃及國家癌症研究所 (NCI) 放射腫瘤學主任休曼 (Tarek Shouman) 表示，「SBRT 只是放射治療的一種新方法，該領域正在快速發展。我們計畫繼續與國際原子能總署密切合作，幫助我們始終站在最前線，同時擴大對其他國家的合作和支持。」

全世界每年有超過 1,400 萬人被診斷出患有癌症，大約一半的癌症患者在治療期間的某個時間點需接受放射治療，通常會與其他方法結合使用，例如手術和化療。

許多發展中國家在追趕不斷發展的技術和方法時面臨挑戰，藉由國際原子能總署的支持，世界上許多國家正在建立和接受放射治療的培訓，並安全地過渡到先進技術。「國際原子能總署努力幫助各國、提供高質量的放射治療服務，以便所有患者都可以從這些拯救生命的工具和方法中獲益。」阿布德瓦哈說。

安全有效的放射治療

放射治療的目標是使用放射線安全地治療腫瘤效果最大化，同時對患者附近正常



用立體定位放射治療的先進治療方法治療肝癌的病例。(照片:埃及國家癌症研究所)



組織和關鍵器官的傷害最小化。要做到這一點，專家首先必須仔細評估腫瘤，使用診斷成像和合適的工具來規劃治療方法。然後，他們使用來自放射治療機的輻射束，經過非常仔細測量的輻射劑量安全地擊中腫瘤。

較高劑量的輻射可以殺死更多的癌細胞，但也可能對附近的正常組織造成更大的風險。「這就是為什麼確保精確的腫瘤靶向和提供準確的放射劑量，對於安全、有效的放射治療至關重要的原因。」阿布德瓦哈說，「我們在放射治療中看到的許多的進步，都圍繞著『改進』和『完善』這兩個因素。」

更準確的抗癌計畫

成像與治療計畫的進步使放射腫瘤學家能夠從 2D 進一步精進到 3D 放射治療技術，拍攝並評估腫瘤，進行成像和隨後的輪廓修整以界定腫瘤的位置，以及與健康組織的交界範圍。自動規劃工具的興起也有助於放射腫瘤學專家利用數學計算方式來確定腫瘤，並準確的規劃在腫瘤的哪個部位、從哪個角度以及使用多少劑量的輻射進行治療。

但是，治療的精確度能夠加強的只有診斷圖像的品質和放射治療儀器的能力。前幾代的診斷成像不太詳細，放射治療技術的能力更加有限。這意味著腫瘤專家被迫

使用較低的輻射劑量在更多的時間段內治療，以保證患者的安全，並且有時因應患者的狀況，而完全排除放射治療的選擇。

隨著 3D 近距離放射治療和圖像引導放射治療等工具與作法的出現，上述這種情況產生了變化，這些治療使用精細的成像技術來輔助動態引導，並調整治療期間的輻射。SBRT 還可以提供高精密度的治療，從多個方向發送輻射，並允許在較短的治療時間內提高較大的輻射劑量。

環繞並征服腫瘤

SBRT 已將控制和精確度提升到另一個層次，它的獨特之處在於使用了 4D 圖像—高度、寬度、深度，以及在某些位置，規劃從不同角度並發送非常精確的輻射束來治療腫瘤。輻射束本身俱有較低的輻射劑量，這樣更安全，並且降低了行經路徑對正常組織造成副作用的風險。當輻射束匯聚在腫瘤處時，使癌細胞曝露於更大的總和輻射劑量，這通常意味著不需要太多的療程就能有效地治療患者。

「對於某些類型的癌症，無法以手術或常規的放射治療進行有效的治療，SBRT 是一種新的生存機會。」在國際原子能總署工作超過 20 年的休曼表示。

休曼和 NCI 的團隊，藉由 IAEA 的支持，現在正在使用 SBRT 治療早期肺癌和復發性頭頸癌，以及一種稱為肝細胞癌 (HCC) 的肝癌，在埃及這是人們最常見的癌症。

休曼解釋說，對於像 HCC 這樣的肝癌，SBRT 已經從根本上改善了放射治療方案。肝癌現在是世界上癌症死亡的第三大常見原因，多年來，這種類型的癌症無法使用輻射進行有效治療，因為會對腫瘤周圍健康肝臟組織帶來風險，常規性放射療法不能安全地提供足夠高的輻射劑量來治療肝腫瘤。使用 SBRT，甚至非常小的肝臟腫瘤也可以用更高劑量的輻射進行治療，同時也可保留健康組織。

研究表明，SBRT 可以減少 HCC 以及其他癌症 (如腦、肺和頭頸部) 的治療次數，從大約 30 至 35 次治療減至約 1 至 5 次治療。經過兩年的治療期，SBRT 在某些癌症的成功率為 80% 至 90%。這類似於手術切除腫瘤，但風險較小。

「SBRT 是正在快速發展的一種放射治療新方法，我們計畫繼續與國際原子能總署密切合作，幫助我們保持領先地位，同時擴大與其他國家的合作與支持。」休曼表示。

資料來源：
https://www.iaea.org/newscenter/news/killing-more-cancer-cells-than-ever-before-a-new-era-in-radiotherapy

比爾蓋茲：
核能是因應氣候變遷的理想能源

譯 **編輯室**

微軟公司（Microsoft）聯合創辦人比爾蓋茲（Bill Gates）最近在自己部落格（Gatesnotes）公開的一篇文章《我今年（2018）在工作中學到了什麼》中，除了提到阿茲海默症、小兒麻痺症、傳染病與（生物）基因改造之外，蓋茲也再次強調「核能是因應氣候變遷的理想能源」。

蓋茲投入先進核能技術發展多年，還創立了核能合資企業泰拉能源公司（TerraPower LLC）。但最近由於美國新的規定，導致泰拉能源被迫放棄與中國於核能方面的合作。泰拉能源公司在 2017 年與中國核工業集團達成一份協議，原訂將在北京建立一座實驗性新型反應爐。

蓋茲在自己的部落格寫到：「2018 年全球溫室氣體排放量上升，對我來說這只是重新證明了一件事實：『防止最糟氣候變遷情況發生的唯一方法，就是在潔淨能源方面取得一些突破』。有些人認為我們已經擁有所有所需要的工具、太陽能與風力等再生能源發電的成本也逐漸降低等，能夠解決氣候變遷的問題。我很高興看到太陽能與風力發電價格變得便宜，我們也應該將他們部署在合理的地方。」

「但是，太陽能和風力都屬於間歇性能源，我們不太可能在未來短時間內就可獲得價格超級低廉的電池，讓我們能夠在太陽不夠亮、或是風力不夠強的時候儲存足夠的能源。此外，電力所產生的碳排放只占了全部的 1/4，我們也需要去解決剩餘的 75%。」

蓋茲也表示，預計今（2019）年他將替美國如何重新取回於核電研發的領導地位「付出更多」。「核能是因應氣候變遷理想的能源，因為它是唯一一種零碳排放、可控制且可全天 24 小時發電的能源。現役反應爐的問題，如存有事故的風險等，可透過創新技術來解決。」蓋茲這樣說，並惋惜美國已不是 50 年前全球核能界的領導者。「美國擁有全球首屈一指的科學家、企業家與資本，非常適合開創這些新技術；全世界需要一同找尋阻止氣候變遷的方法，而進步型核反應爐就是其中一種。」呼籲美國美國領導人應再次進入這個市場。

資料來源：

World Nuclear News. (2019, January 02). "Nuclear the 'ideal way' for dealing with climate change, says Bill Gates."

日本因重啓核能 降低液化天然氣進口

譯 **編輯室**

美國能源情報署（EIA）最近公開了最新數據，日本在去（2018）年重啟 5 部核電機組供電後，日本進口液化天然氣（LNG）的數量將有可能在今年減少 10%。

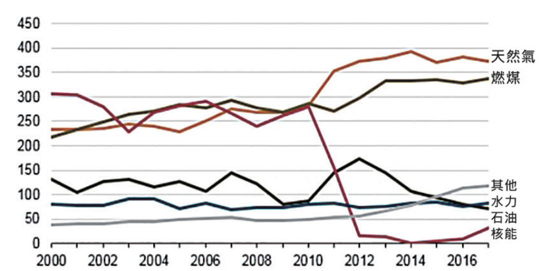
在 2011 年前，核能發電提供了日本約 3 成的電力，但在福島事故後所有的核電機組全數停擺，接受安全檢查與設備升級，定期的大修與燃料更換全部無限期暫停，日本也因此在 2013 年 9 月至 2015 年 8 月期間完全沒有使用核電機組發電，這段期間沒有核電所造成的電力短缺則是使用天然氣來補足。

不過，日本在 2018 年間重啟了 5 部機組——玄海 3、4 號、大飯 3、4 號、伊方 3 號機，將重啟機組總數量提升至 9 部，裝置容量 8.7 百萬瓩 (GWe)。EIA 表示，隨著這 5 部機組陸續重啟，日本逐漸減少天然氣發電的使用，天然氣進口量也隨著這些機組達到滿載運轉而降低。2019 年將成為這幾部機組重啟 1 週年，EIA 估計，日本液化天然氣進口量將適度減少 500 萬噸，等於日本天然氣發電消耗量的 10%，以及 2018 年液化天然氣進口量的 6%。

日本最新公布的國家能源政策，核電的占比須在 2030 年達到 20-22%，EIA 預估日本將需要重啟 30 部機組運轉才有可能達到這個數字。目前除了已重啟的 9 部機組，還有另外 16 部已提交重啟申請。EIA 也表示，日本天然氣進口在 2014 年達到高峰後已隨著核電占比上升而開始下降，未來日本天然氣的進口量將取決於核電機組重啟的數量。

資料來源：
World Nuclear News. (2019 March). "Japan LNG imports fall as nuclear plants restart."

日本 2000-2017 年間使用不同種類能源生產的電力（單位：10 億度電 TWh）



芬蘭歐基盧歐圖 3 號機組獲得運轉執照

譯 **編輯室**

芬蘭政府於今（2019）年 3 月初給予電力公司 Teollisuuden Voima Oyj（TVO）歐基盧歐圖（Olkiluoto）核電廠 3 號機組的運轉執照，這部 160 萬瓩的歐洲壓水式反應爐（EPR）預計將於 2020 年 1 月開始商業運轉，提供芬蘭地區約 15% 的電力需求。

稍早芬蘭管制機構輻射安全局（STUK）於 2 月底向芬蘭就業與經濟部（TEM）提交了一份聲明與安全評估報告，結論為「歐基盧歐圖 3 號機組已安全完工，且 TVO 有能力安全地進行營運」。管制機構也表示，找不到任何不授與該部機組營業執照的理由。

TVO 的董事長兼執行長譚華（Jarmo Tanhua）對此「歷史性的決定」表示欣慰，這也是芬蘭在 1979 年以來首次有核電廠獲得運轉許可。TVO 在 2016 年時提交了厚達 13 萬頁的申請書，內容包含了技術與操作安全守則、廢棄物管理、TVO 的專業技術與財務狀況等。除了為期 20 年的運轉執照申請，TVO 也就能否使用現有的中期儲存設施來處理該座機組未來所產生的用過核燃料，徵求同意。

芬蘭環境與能源部部長提立凱寧（Kimmo Tiilikainen）也表示，芬蘭需要盡一切所能與氣候變遷搏鬥，期待已久的歐基盧歐圖 3 號機，將有效的減少溫室氣體排放。芬蘭已有近 80% 的電力在發電過程中不會產生碳排，該部機組的落成將把這個比例提高至 85%。

歐基盧歐圖 3 號機組為全球首座開始建設工程的 EPR，TVO 在 2003 年與亞瑞華西門子聯合公司簽署該部機組的建設合約，建設工程於 2005 年開始，原計畫於 2009 年完工並開始運轉，但期間遭遇到各種的延誤與挫折，導致遭到中國台山核電廠 1 號機超越。台山 1 號計畫於今年開始商轉，為首座投入商轉的 EPR。

資料來源：
World Nuclear News. (2019, March). Finnish EPR receives operation licence.



EIA：美國核能發電在 2018 年達到頂峰

譯 **編輯室**

根據美國能源情報署（Energy Information Administration, EIA）的數據，儘管自上次高峰期以來已關閉了幾座核電廠，但美國的核電廠在 2018 年仍達到了有史以來最高的發電量紀錄。

2018 年美國核電廠的容量因數提昇，加上比以往更短的更換燃料維護週期，使得核電廠發電量達到 8,071 億度，超越了先前 2010 年的 8,070 億度的峰值數字。

美國能源情報署表示，自 2010 年以來，只有一座新的核電廠—田納西河流域管理局的 1.2 百萬瓩的瓦茲巴爾（Watts Bar）2 號機—目前已經連線運轉。在 2010-2018 年間，它進行了 2.0 百萬瓩的熱效率 (Thermal efficiency) 提昇，幾乎相當於添加兩部瓦茲巴爾 2 號機的新反應爐。自 2013 年以來，共有 7 座總裝置容量為 5.3 百萬瓩的核電機組已經除役。到 2018 年初，美國有 60 座核電廠、共 98 部反應爐在運轉中。

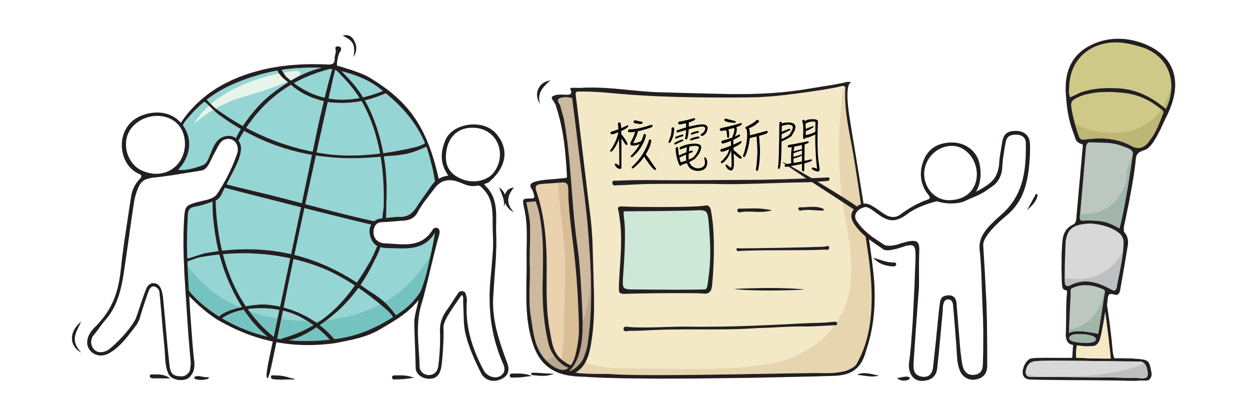
美國能源情報署表示，「效能提昇、停電時間縮短和核電廠平衡熱效率改善等因素的結合，使得 2018 年美國核電機組的最高容量因數達到了 92.6%。」他們補充說，這麼亮眼的績效未來不太可能被超越。

雖然喬治亞電力（Georgia Power）公司的佛托（Vogtle）3 號和 4 號機將於 2021 年和 2022 年投入運轉，將可增加 2.2 百萬瓩的額外功率，但這無法彌補預計在未來 7 年內除役的核電容量。麻薩諸塞州的朝聖者（Pilgrim）核電廠與三哩島核電廠預計將在 2019 年退休，到 2025 年將關閉 12 座反應爐，這將使得美國核電的裝置容量下降 10.5 百萬瓩。

美國能源情報署表示，未來進一步提昇效能的機會也將會萎縮。美國核能管制委員會（NRA）預計，到 2020 年之前只有 6 萬瓩熱效能提昇的申請案。「目前的批發電價相對較低，加上電力需求持平的市場條件下，無法提供核電廠營運公司因增加現有機組的產量，而改善投資所需要的財務激勵措施。」

在美國能源情報署 2019 年年度能源展望參考案例中，美國核反應爐的淨發電量預計到 2025 年時將減少 17%。這些核電的缺口，很大程度上將被新的天然氣、風能和太陽能發電廠的產量所取代。

資料來源：
http://www.world-nuclear-news.org/Articles/US-nuclear-generation-peaked-in-2018-EIA



國外新聞

美國申請支持雅卡山最終處置場計畫的預算

美國政府在最近向國會提交的 2020 財政年預算中，要求重啟美國核能管制委員會（NRA）對雅卡山地質處置場的許可申請程序，以及讓管制機構可為進步型反應爐的執照核發過程做準備。

美國能源部（DOE）聲稱其預算的總金額高達 317 億美元（約 9,800 億新台幣），比 2019 財政年的高出超過 10 億美元，確實落實美國「多元化（All of the above）」的能源政策，也履行美國川普總統「美國長期能源主導」的目標。（註：前總統歐巴馬執政時致力推動潔淨能源，但現任總統川普覺得該政策限制了美國能源的發展，剝奪人民就業機會，因此在上任後撤銷了多數相關的計畫。）該筆預算中除了雅卡山地質處置場以及中期貯存計畫的部分占了 1.16 億美元之外，還有撥給能源部核能辦公室的 8.24 億美元、開發下一代商業用反應爐與核燃料的 1 億美元等。

核管會研擬的預算金額則超過 9 億美元（約 270 億新台幣），也比 2019 年稍微高出一些，預算將用於核子材料、反應爐安全等領域，其中 3,800 萬美元將用在雅卡山最終處置場執照的申請流程。

位於內華達州的雅卡山，自 1987 年以來就被《美國放射性廢棄物政策法案》制定為美國用過核燃料與高放射性廢棄物唯一的最終貯存場。美國能源部在 2008 年向核管會提交建設執照申請，該計畫卻在 2009 年遭到終止，2013 年美國聯邦上訴法院下令 NRC 恢復能源部的申請審查。

World Nuclear News, 03/12/2019

日本玄海核電廠 2 號機組將除役

日本九州電力公司最近公開了玄海核電廠 2 號機組的除役計畫。這座位於佐賀縣、裝置容量 55.9 萬瓩的壓水式反應爐，建設工程始於 1976 年，並於 1981 年投入商業運轉，福島事故後與日本其他核電機組相同，均停止運轉接受檢查，但至今並

未重啟運轉，運轉期限僅至 2021 年 3 月。

若要延長運轉期限，九州電力公司就必須在 2020 年 3 月底前向管制機構原子力規制委員會（NRA）提交延役申請。九州電力公司表示，先前一直都在考慮是否要申請延役，但鑑於新的核安監管標準，加上現場加設設施的空間不足，因此決定不繼續使用。玄海 2 號在運轉期間總共發了 1,197 億度的電力，在穩定能源供應與維持低電價方面發揮了重要的作用。九州電力公司也表示，未來玄海 1、2 號機組都將以「安全為首要」來進行除役作業，這次的決定也將日本除役機組的數量提高至 24 部（含福島第一、二核電廠）。

Nuclear Engineering International, 02/14/2019

比利時重新提交低放最終處置場許可申請

比利時放射性廢棄物管理專責機構（Ondraf/Niras）在 2013 年時向聯邦核能管制機構（FANC）提交一份在 Dessel 建造中低放射性廢棄物最終處置場的申請，但 FANC 認定該份申請不夠完整，提出了約 300 個問題，要求 Ondraf/Niras 進行澄清與補充說明。Ondraf/Niras 已於 2017 年底完成最後一次回覆，並就這些答覆修訂申請文件，最近重新提交許可申請。

Ondraf/Niras 表示，這次的申請非常複雜，因為是比利時首次建造中低放廢棄物最終處置設施，需要大量的時間與努力來回覆所有的問題，超過 20,000 頁的申請文件也附上這座設施可在短期與長期安全運轉相關的技術與科學論證。不過，Ondraf/Niras 還必須另外向政府申請環評檢查。

FANC 對此表示，在審查許可申請期間必須優先考量短、中、長期對工作人員、民眾與環境的安全與保護。若這次的申請符合法規，FANC 則需要撰寫一份關於申請案的報告，上呈至由多位核能專家所組成的一個獨立「科學委員會」，獲得正面的意見後才可進行申請過程的下個階段。Ondraf/Niras 預計可在 2020 年後獲准營運，首批的廢棄物將在 2024 年運進處置場。

World Nuclear News, 02/06/2019

南韓新古里核電廠 4 號機組獲准啓動

韓國核子安全與保安委員會（NSSC）於最近批准韓國水力與核電公司（KHNP）啟動新古里核電廠 4 號機組。新古里 3、4 號兩部反應爐型號均為韓國自行研發的 APR1400 壓水式反應爐，於 2006 年獲准建造，兩部機組原計畫分別於 2013 年、2014 年投入商轉，但由於配件發生安全問題需要更換而遭到延後，一直到 2016 年底 3 號機才正式開始商轉，4 號機最近一次的延誤則是因為在準備商轉的期間發現有變更設計的必要，也因為 2016 年與 2017 年發生於韓國的地震另外進行了地震評估，在韓國核能安全研究所完成檢測之後才獲得 NSSC 的認可。

KHNP 分別自 2017 年 4 月與 2018 年 9 月開始在新古里另外兩部 APR1400 的建設工程，5、6 號機分別預計將於 2022 年以及 2023 年投入商轉，另外還有新韓蔚核電廠 1、2 號兩部 APR1400 在建造當中。但是，這些機組有可能因為韓國修訂勞基法，將每週最高工作時數自 68 小時調降至 52 小時，而再度往後延。

而韓國在阿拉伯聯合大公國巴拉克（Barakah）核電廠建造的 4 部 APR1400 則接近完工，預計可在 2020 年開始商轉。

Nuclear Engineering International, 02/01/2019

英國恢復高放射性廢棄物選址研究

英國核子除役管理局（NDA）旗下的子公司英國放射性廢棄物管理公司（RWM）已於最近開始在英格蘭或威爾士找尋一處適合且居民可接受的場址，建立放射性廢棄物深層地質最終處置場。RWM 目前正在宣導有關潛在場址的評估方式，也將在未來幾週開放一系列的技術諮詢。地方當局將在決策過程扮演關鍵的角色，也需要在建設工程前測試當地民眾對處置場建設的支持度，才可以繼續下去。

先前進行的的選址程序是基於 2008 年政府公布的白皮書辦理，當時是有些地區在參與初期的選址程序，但都在後期陸續退出，整個過程在 2013 年結束。英國的放射性廢棄物目前分布在境內超過 20 個場址，雖然這些中期儲存設施有足夠能力長時間抵抗強風與地震，但還是需要持續的監測這些廢棄物，最終仍需要找到永久的處置地點，否則設施內的廢棄物就必須要轉移到其他地方。

Nuclear Engineering International, 02/15/2018

中國自產華龍一號將以多系列發展

中國核動力研究設計院院長羅琦在最近接受媒體採訪時表示，由於核能作為潔淨能源的一種，發電過程零碳排放，中國需要大力支持核電在國家能源結構的占比，並充分發揮核電可不受季節等因素影響發電的優點。另外，國家能源不能只依賴單獨一種能源，特別是化石能源，必須落實能源多元化。

而中國 100% 研發自產的第三代核反應爐技術「華龍一號」，達到國際專業水平要求，在自行研發、建造的情況下，大多數都能做到工程不拖延、甚至提早完工。羅琦也表示，未來將向更經濟、安全、適用範圍更大的目標來發展出多系列的華龍一號，也重申中國核電「走出去」的政策堅定，未來將持續加深與其他國家在核電建設方面的交流。

中國核能行業協會，03/03/2019

俄羅斯比利比諾核電廠 1 號機組準備除役

俄羅斯核能管制機構已於最近批准位於楚科奇的比利比諾核電廠 1 號機組，可開始除役的準備工作。根據俄羅斯的管制程序，核電機組在獲准除役前必須先申請停止運轉許可。而營運廠商俄羅斯國家核電公司（Rosenergoatom）也表示，該部機組已獲頒 15 年的停運許可，將在程序的下一個階段獲准除役。

身為世界最北端的核電廠比利比諾，其 1 號機在去（2018）年 3 月停止併聯發電，並將爐心內用過核燃料轉移至廠內用過核燃料池中存放。目前 2-4 號機組仍在運轉中，預計在 2021 年底停止運轉。而在這座核電廠停止運轉後，該地區的電力來源將由俄羅斯的浮動式核電廠羅蒙諾索夫院士號（Akademik Lomonosov）接手提供。

World Nuclear News, 01/24/2019

原子能科技科普展 讓你大開眼界

什麼是塑膠太陽能電池？為汽車釀的酒是什麼？鯨魚鰭也能風力發電？防災包該放什麼東西？原子能委員會於 2 月 15-17 日在華山 1914 文創產業園區舉辦「原子能科技科普展」，活動內容有生活環保相關的「酷科學」，以及互動體驗及闖關遊戲，挑戰成功還有精美小禮品，讓大家一起認識生活中科學的大小事，也讓原子能相關科技守護美好的生活。

原能會在這次「酷科學」活動中，以大小朋友都能瞭解及親身體驗的遊戲方式呈現，現場展示「你跑我追 ~ 邂逅聚焦太陽能」、「我家也有皮卡丘 - 智慧發電微電網」等與綠能發電相關的互動體驗；還有豐富有趣的動手做活動，包括「由廢取金 農林廢棄物華麗轉身 - 生質精煉綠色製程技術」，介紹農林廢棄物經由綠色製程技術轉換後，可以製造出各種民生用的原料與用品；「原來這樣吃得安心」讓民眾實地量測手邊的食物有沒有含放射性物質；「輻射搜查線」以輻射偵測儀器搜查看不見、摸不到的輻射；虛擬實境 (VR) 帶大家完成核災室內掩蔽的各項動作。現場也展示了豐富的原子能領域相關科技技術與新知，幫助民眾體驗原子能科技的驚奇與樂趣。

本刊訊，2019/2/15

穩定再生能源供電—核研所隨插即用能源作業系統

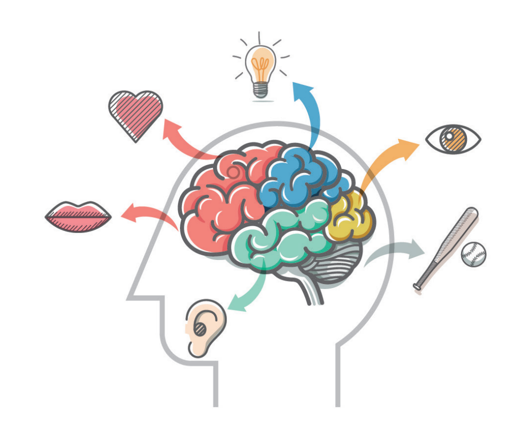
近年來核能研究所積極發展能源技術，以未來智慧電網發展需求，發展核心管理系統及液流電池儲能系統等技術，具有高效能、長使用壽命、低排碳特性之產品。

核研所結合通用型再生能源作業系統 (EOS) 與釩氧化還原液流電池儲電系統 (VRFB)，可穩定電網與促進再生能源的應用，提高電力系統的使用效率及發電的自發自用經濟效益，應用範圍包括：(1) 區域智慧電網的微型電網、電能管理應用；(2) 離網地區電能的離島村落、緊急供電應用；(3) 再生能源發電的電能調節、電壓支持應用；(4) 社區用戶儲能的建築環境、備用電能應用；(5) 移動電能儲能的電動車輛、分散儲能應用；(6) 發電儲能供電的分散應用、調峰調頻應用等。

目前研發技術已逐步推廣至產業應用，例如健康綠電站，為結合綠能、複合儲能、電動車、充電樁與 EOS 電能管理技術之應用，可以讓綠電更健康、環境更友善、生活更便利。

本刊訊，2019/01/31



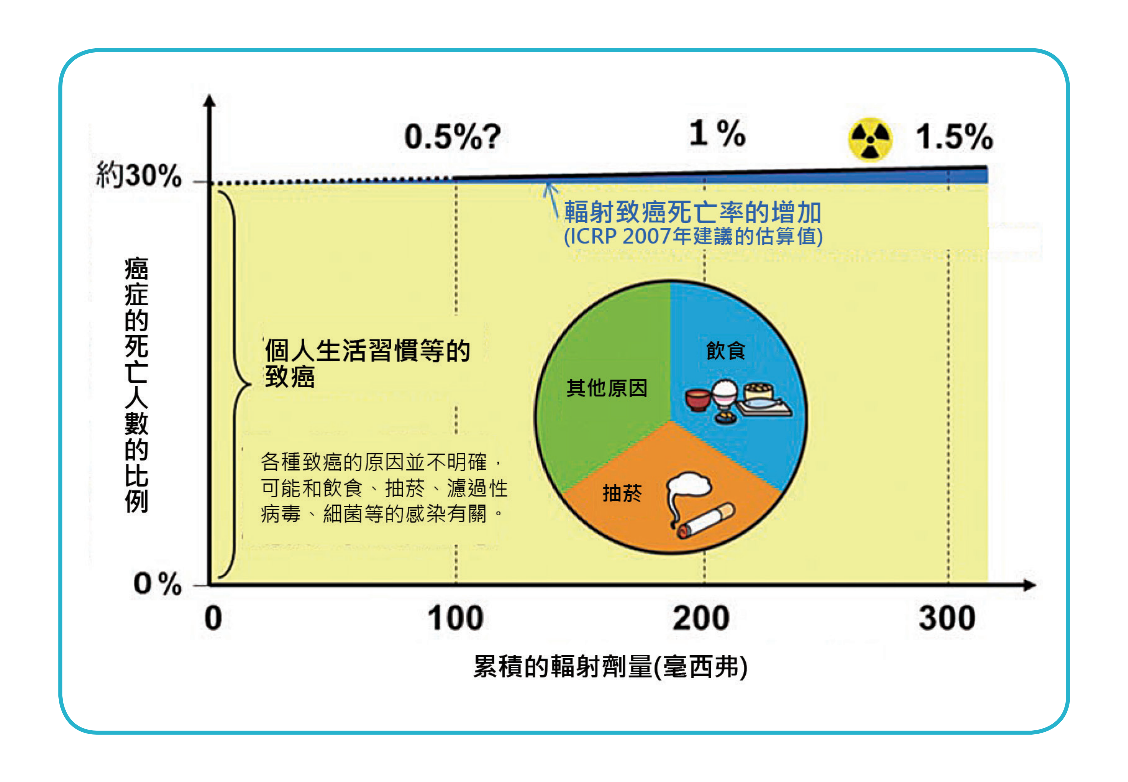


什麼是放射性與輻射？（十三）

譯 朱鐵吉

低劑量率的輻射曝露，致癌死亡的風險高不高？

國際放射防護委員會（ICRP）根據日本原子彈爆炸被曝露的數據為基礎，推定低劑量率的風險如下：一個群體中（包括大人與兒童），接受到 100 毫西弗的曝露，癌症死亡率大約增加 0.5%。

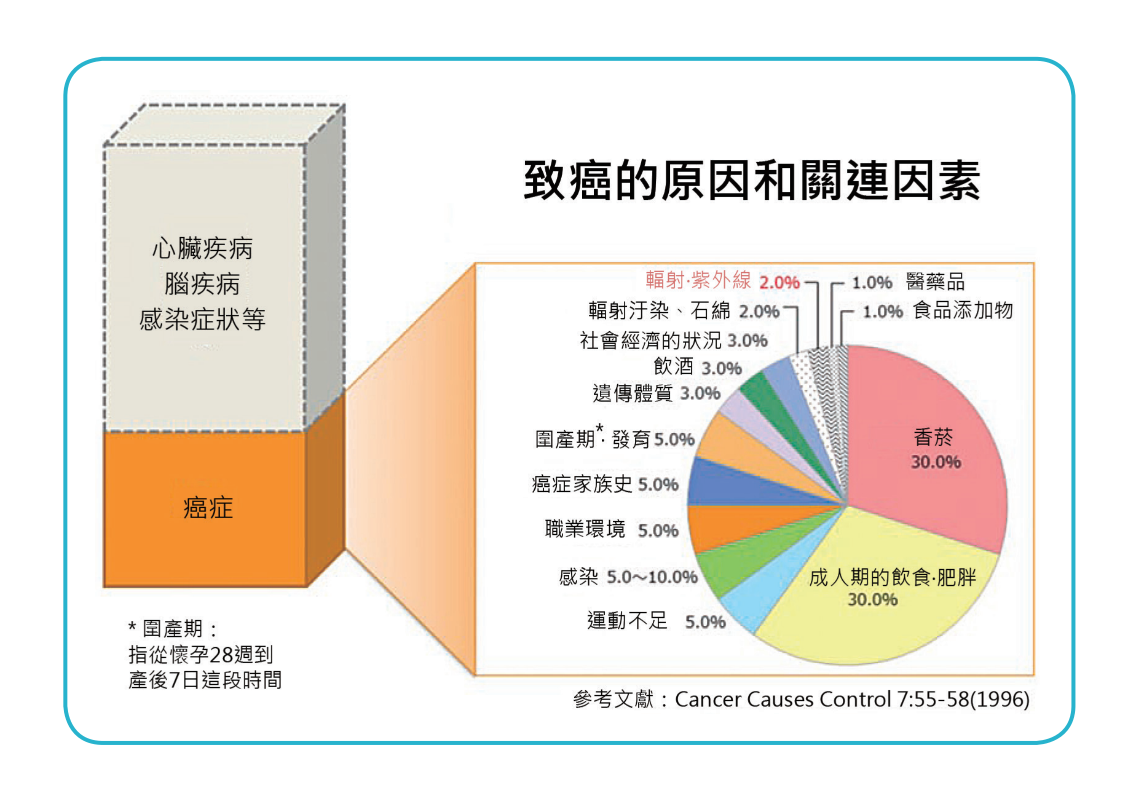


癌症是目前日本死亡率第一位的疾病，大約有 30% 的人是因癌症死亡。代表 1,000 人的群體中，可能有 300 人會因癌症而死亡，如果加上受到曝露 100 毫西弗的輻射劑量，推測 1,000 個人中，因癌症而死亡的人數將略增為 305 人。

但是實際上，1,000 人中的 300 人，不一定都是因癌症死亡，有它的統計誤差，實在難以用病理診斷的方法來確定是因輻射而致癌。所以接受 100 毫西弗以下的劑量，要從 1,000 人中找出 5 個因為輻射曝露而致癌者，的確有它的困難。

Q 哪些是致癌的關連因素呢？

A 我們的生活中有很多致癌因素，下圖中圓餅圖內是美國的數據，可見食物中以抽菸的關係最為密切。從上面致癌關連因素的風險可看出，輻射所占的比例並不高。



參考文獻：Cancer Causes Control 7:55-58(1996)

如果完全不接受 x 射線檢查身體，或不乘坐飛機，那麼就無法及早發現疾病的症狀，或是造成生活的不便，都不會減少罹患癌症的風險，因為生活中除了輻射之外還有很多會致癌的因素。

Q 輻射與癌症的相對風險如何？

A 下圖是日本國立癌症研究中心發表的輻射曝露劑量致癌的風險，輻射被曝露的劑量 1,000-2,000 毫西弗，比受曝露未滿 100 毫西弗者致癌風險提高 1.8 倍，500-1,000 毫西弗是 1.4 倍，200-500 毫西弗是 1.19 倍。

另一方面，接受曝露的劑量為 100 毫西弗以下時，很難檢查出來是因輻射而致癌。

輻射的劑量 毫西弗(mSv)	癌症的相對風險※
1,000 ～ 2,000	1.8（接受1,000毫西弗推測為1.5倍）
500 ～ 1,000	1.4
200 ～ 500	1.19
100 ～ 200	1.08
未達100	檢測困難

※ 輻射致癌的風險是從廣島、長崎原子彈爆炸瞬間受曝露所分析得出的數據(單指實體癌)，而非長期曝露的影響數據。
※ 相對風險，未受曝露者設為1，被曝露者癌症的風險，以1的倍數來表示。

參考文獻：日本國立癌症研究中心網站

Q 生活習慣與癌症的相對風險如何？

A 上圖為日本國立癌症研究中心發表的「生活習慣與致癌相對風險表」，有抽菸和大量飲酒習慣的人，和沒有這類習慣的人相比，風險提高 1.6 倍。肥胖者 1.22 倍，運動不足者 1.15-1.19 倍，飲食中蔬菜攝取不足者 1.06 倍。各種不同的生活習慣，導致相對的風險也不同。

生活習慣因素	癌症的相對風險
吸菸者	1.6
大量飲酒 (450g以上/週)※	1.6
大量飲酒 (300~449g以上/週)	1.4
肥胖(BMI≧30)	1.22
過瘦(BMI<19)	1.29
運動不足	1.15 ～ 1.19
高鹽分食品	1.11 ～ 1.15
蔬菜攝取不足	1.06
二手菸 (非抽菸女性)	1.02 ～ 1.03

※關於飲酒，換算為乙醇表示。

參考文獻：日本國立癌症研究中心網站

本單元資料來源:日本環境省 (2016)。《輻射的基礎知識與健康影響》第三章，輻射的健康影響，127-130 頁。






何博士的日常豆知識
Q：台灣和日本都那麼常地震，
是不是也會發生福島核災？
311日本地震的斷層長度長達500公里，
所以發生了規模9的大地震，
而台灣最長斷層約為100公里，
921地震是台灣島內百年來發生的最大地震，
地震規模為7.6。
台灣因斷層短，是不容易發生像日本311的大地震的。
ㄜ...
條件不一樣
100公里
規模 7.6
500公里
規模 9
5
4
3
2
1
0
公里
台灣和日本的地理條件是不一樣的，請不要過度恐慌。


何博士的日常豆知識
Q：如果核電廠失去冷卻水源而無法降溫，
會不會像日本福島一樣發生核災啊？
別擔心！日本福島核電廠會發生核災的原因之一，
就是冷卻系統失去電力，無法發揮效果。
而台灣核電廠的建廠高度不但都高於可能發生的海嘯高度，
且在高處都設有生水池，萬一有需要，也能透過重力直接注水冷卻，
這是台灣核電廠和日本福島核電廠最大的不同之一！
冷靜點！
要爆炸
核三廠 15公尺
核二廠 12公尺
核四廠 12公尺
核一廠 11.2公尺
廠址設計高度
核四廠 116公尺
核二廠 90公尺以上
核一廠 62公尺以上
核三廠 51.5公尺以上
50公尺以上
生水池高度
台灣核電廠已預先規劃好後備水源，
可經重力或消防車動力注入反應爐，確保核能安全。